الباب الثاني

العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية

وعناصر المكافحة البيولوجية

أولاً: العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية

ثانياً: عناصر المكافحة البيولوجية

العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية وعناصر المكافحة البيولوجية

KINDS OF BIOLOGICAL CONTROL TARGETS AND AGENTS

أولا: العناصر المستهدفة للمكافحة البيولوجية Targets of Biological Control

أستخدمت المكافحة البيولوجية أولاً فى مكافحة الحشرات والأكاروسات والحشائش، ثم أتسع نطاق إستعمالها مع الوقت لتشمل عناصر أخرى من اللافقاريات وأمراض النبات وحتى بعض الفقاريات.

ا- الحشرات Insects

تعتبر الآفات الحشرية هى أكثر الكائنات شيوعاً التى يستخدم فى مكافحتها وسائل المكافحة البيولوجية. تقع معظم هذه الآفات فى رتب الحشرات العاشبة herbivorous الهامة مثل رتب متشابهة الأجنحة، وذات الجناحين، وغشائية الأجنحة، وغمدية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة، إضافة إلى أعداد أقل تقع فى رتب أخرى. وتعتبر رتبة متشابهة الأجنحة من أكثر الرتب التى أستخدمت ضدها أساليب المكافحة البيولوجية من خلال إستيراد الحشرات النافعة التى أستخدمت بنجاح فى معظم الحالات، وترجع هذه الصورة من الإستعمال الناجح للمكافحة البيولوجية إلى إرتفاع معدل تحرك حشرات المن والحشرات القشرية والذباب الأبيض دولياً على النباتات أثناء التجارة بسبب صغر حجمها وتعذر رؤيتها، وأيضاً إلى وجود عدد كبير من الأنواع المهمة كآفات بين هذه المجاميع، وإلى زيادة معدل نجاح الطفيليات والمفترسات فى خفض تعدادات هذه الحشرات.

ب- الأكاروسات Mites

تقع عديد من عائلات الأكاروسات فى نطاق الكائنات المستهدفة للمكافحة البيولوجية، ومن هذه العائلات Tetranychidae، Tarsonemiae، Eriophyidae. تضمنت سبل المكافحة إستيراد الأكاروسات المفترسة (وبصفة أساسية عائلة Phytoseiidae)، وخنافس أبو العيد Coecinellidae، وشمل أيضاً إكثار وإطلاق الأكاروسات المفترسة المرباة، وأيضاً شمل سبل الحفاظ على الأعداء الطبيعية المتوطنة.

جـ- اللافقاريات الأخرى Other invertebrates

تعتبر القواقع من مجموعة اللافقاريات، بعد الحشرات والأكاروسات، التى أستخدم فى مكافحتها وسائل المكافحة البيولوجية. والقواقع ذات الإهتمام إما أن تكون أنواع متغذية على النباتات ومهلكة إياها، أو ذات أهمية طبية تعمل كعوامل وسيطة للأمراض التى تصيب الإنسان أو الحيوانات الأليفة. من بين القواقع التى تصيب المحاصيل، يمثل القوقع الأفريقى العملاق *Achatina fulica* أهمية خاصة لإنتشاره فى مناطق عدة بسبب الإستيراد المتعمد له إذ يستعمل كغذاء. ومن القواقع ذات الأهمية الطبية تلك التى تعمل كعائلاً وسيطاً للبلهارسيا.

أما مجهودات المكافحة البيولوجية ضد نماذج أخرى من اللافقاريات فهى نادرة. سجل إستيراد طفيل بيض للعنكبوت السام *Latrodectus mactans* إلى هاواى، وإستيراد الذبابة الطفيلية *Pelidnoptera nigripennis* إلى أستراليا لإطلاقها ضد الحشرة المتوطنة *Ommatoiulus moreletii*.

د- الحشائش Weeds

أصبحت النباتات فى كثير من المجموعات التقسيمية النباتية، آفات حشائشية، أرضية كانت أو مائية، فى مواطن متباينة تشمل الغابات والمراعى والزراعات والنظم البيئية المحلية Native ecosystems. وقد أصبح العديد منها مستهدفاً للمكافحة البيولوجية من خلال إستيراد آكلات أو ممرضات نباتية. يقع نصف هذه الأنواع تقريباً تحت ثلاث عائلات هى Mimosaceae, Asteraceae, Cactaceae، أما بقية العائلات فتشمل أنواع قليلة ذات أهمية إقتصادية مثل عائلة Clusiaceae التى يقع تحتها النوع *Hypericum perforatum*، وعائلة Salviniaceae التى يقع تحتها النوع *Salvinia molesta*، وعائلة Verbenaceae التى يقع تحتها النوع *Lantana camara*. أما النجيل grasses فهو عادة ليس من المجاميع التى أتبع معها المكافحة البيولوجية، ولو أن البعض منها قد يحتاج، والفرصة متاحة، لإستعمال المكافحة البيولوجية ضد آفات الأنواع المختلفة منها.

هـ- الفقاريات Vertebrates

تشكل التعدادات المتوحشة من الفقاريات مثل الأرانب والخنازير والماعز والأغنام والفئران والأبوسوم (حيوان أمريكى) آفات هامة مهلكة للغابات والمراعى وسلامة البيئة فى كثير من المناطق، ولو أن العديد من هذه الأنواع يكون مرغوباً فى مناطق أخرى. يجب عند إستخدام المكافحة البيولوجية ضد هذه الفقاريات أن تكون عناصره على درجة عالية من التخصص بغرض حماية الفقاريات الأخرى.

بالإضافة إلى إستيراد الممرضات ذات المدى العوائلى الضيق جداً أو العمل على تشجيع المفترسات المتوطنة، فهناك الطرق الوراثية التى قد تطورت أخيراً والتى تبنى على إستخدام ممرضات فقارية مهندسة وراثياً genetically modified مثل فيروس الميكسوما Myxoma فى الأرانب والذى يتسبب فى أن يجعل الأنثى المصابة منتجة لأجسام مضادة ضد الحيوانات المنوية للنوع وبذلك يمتنع حدوث الحمل.

ثانياً: عناصر المكافحة البيولوجية Biological Control Agents

تعتبر الأعداء الطبيعية، وهى العناصر المستخدمة فى المكافحة البيولوجية، المصادر الرئسية التى بها يتحقق نجاح المكافحة البيولوجية. تنحدر هذه العناصر من مجاميع تقسيمية تتفاوت فى خصائصها البيولوجية والمجتمعية populational. تلعب هذه الخصائص دوراً كبيراً فى النجاح أو الفشل المرتبط بإستخدام أى من هذه المجموعات من الأعداء الطبيعية.

أ- الطفيليات الحشرية insect parasitoids

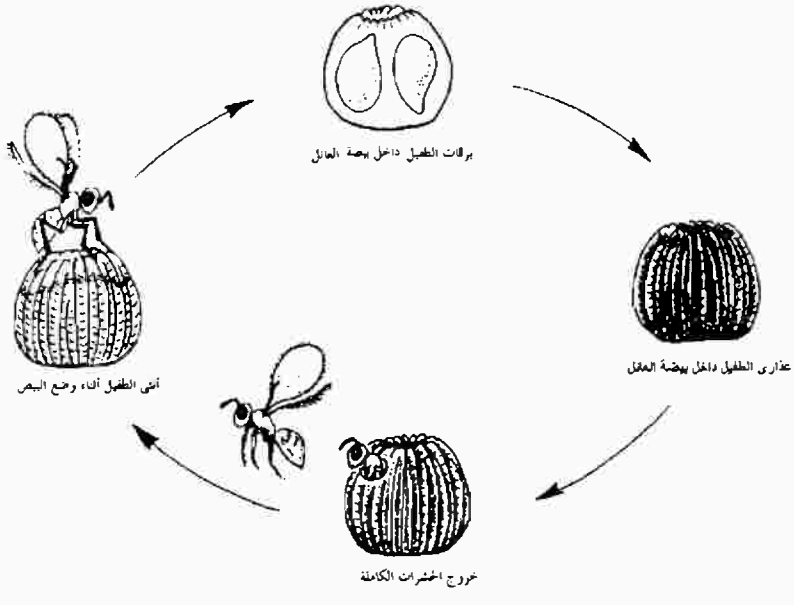
الطفيليات الحشرية هى مفصليات أرجل تقتل عوائلها (على العكس من الطفيليات الحقيقية كالبراغيث مثلاً "وحشرات رتبة ملتوية الأجنحة" التى لا تقتل عوائلها)، ويكون لها القدرة على أن تكمل نموها فى أو على عائل واحد فقط (وذلك على العكس من المفترسات التى تلتهم عدداً كبيراً من الفرائس لإكمال نموها). تعتبر الطفيليات الحشرية أكثر عناصر المكافحة البيولوجية إستيراداً لمكافحة الحشرات. تقع معظم هذه الطفيليات تحت رتبة غشائية الأجنحة والقليل منها تحت رتبة ذات الجناحين.

وبالرغم من إستخدام طفيليات من عائلات متنوعة فى مجال المكافحة، إلا أن هناك مجموعات معينة تكون أكثر إستخداماً من غيرها من العائلات ومنها عائلات Aphelinidae, Encyrtidac, Ichneumonidae, Braconidae, Pteromalidae, Eulophidae، وهذه كلها تتبع رتبة غشائية الأجنحة. أما رتبة ثنائية الأجنحة فمنها عائلة Tachinidae. توجد أيضاً طفيليات حشرية فى رتبة ملتوية الأجنحة Strepsiptera، شبكية الأجنحة، وحرشفية الأجنحة، وغمدية الأجنحة (مثل عائلات Rhipiphoridae, Meloidae, Staphylinidae) بالرغم من أن التطفل ليس نموذجياً فى هذه الرتبة.

فى بعض الأنواع الطفيلية، يمكن أن ينمو فرد واحد فقط من الطفيل على أو داخل فرد واحد من عائله، بينما فى البعض الأخر، يمكن أن ينمو أكثر من فرد من الطفيل على أو داخل

فرد واحد من العائل. يطلق على طفيليات الحالة الأولى "طفيليات انفرادية " Solitary وعلى طفيليات الحالة الثانية "طفيليات جماعية" Gregarious. يمكن تقسيم الطفيليات وفقاً للطور الذى تهاجمه وموضع البيض وعدد النسل الناتج من العائل الواحد إلى المجاميع التالية:

١ - **طفيليات بيضة حقيقية Egg-egg (Oophagous) parasitoids**: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة من نفس طور بيضة العائل. من أمثلة تلك الطفيليات، تلك التابعة لعائلة Trichogrammatidae مثل طفيليات *Trichogramma* spp. المتطفلة على معظم بيض رتبة حرشفية الأجنحة (شكل ١:٢) وكذلك طفيليات عائلة Scelionidae مثل طفيليات *Telenomus* spp.. خلاصة القول أن دورة حياة الطفيل من البيضة إلى الحشرة الكاملة تتم داخل بيضة العائل الحشرى. لتلك المجموعة من الطفيليات أهمية عظمى فى مجال الضبط البيولوجى للآفات الحشرية لكونها تكافح وتقضى على الآفة وهى لا تزال فى طور البيضة.



شكل (١:٢) يوضح دورة حياة طفيل البيضة *Trichogramma evanescens*

٢- **طفيليات بيضة- يرقة Egg - larval parasitoids**: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على طور بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة من الطور اليرقى للعائل وهذه تقسم بدورها إلى ما يلى:-

أ) **طفيليات بيضة -يرقة إنفرادية Solitary egg - larval parasitoids**: وفيها يوضع بيض الطفيل داخل بيضة العائل وتخرج الحشرة الكاملة للطفيل من يرقة عائلها ولكن لايخرج أكثر من فرد واحد من الطفيل من كل عائل حتى ولو حدث تطفلاً متزايداً superparasitoidism. من أمثلة ذلك طفيل *Phanerotoma ocularis* المتطفل على فراشة الندوة العسلية *Cryptoblabes gnidiella*، وكذلك طفيل *Chelonus* sp. المتطفل على فراشة درنات البطاطس *Phthorimaea operculella*.

ب)- **طفيليات بيضة- يرقة جماعية Gregarious egg-Larval Parasitoids**: هى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على بيض العائل وتخرج الحشرة الكاملة من يرقة عائلها ويخرج أكثر من فرد من الطفيليات من فرد واحد من العائل. من أمثلة ذلك الطفيل المتعدد الأجنة *Copidosoma desantisi* المتطفل على بيضة فراشة درنات البطاطس حيث يحول الطفيل يرقة عائله إلى مومياء mummy أو جثة هامدة carcass مرتب بداخلها عذارى الطفيل. يخرج من المومياء الواحدة من العائل ما يقرب من ٨-٦٨ فرد من الطفيل وقد يصل عدد الطفيليات الخارجة من العائل الواحد إلى ما يقرب من عدة آلاف كما فى الطفيل *Pentalitomastix* التابع لعائلة Encyrtidae.

٣- **طفيليات بيضة – عذراء Egg-pupal parasitoids**: وهى من الأمثلة القليلة المعروفة فى مجال الطفيليات. حيث توجد فقط فى طفيل *Biosteres* sp. الذى يضع بيضه داخل بيض ذباب الفاكهة وتخرج الحشرات الكاملة للطفيل من طور العذراء لذباب الفاكهة.

٤- **طفيليات يرقة Larval parasitoids**: وهى مجموعة الطفيليات التى تتطفل على يرقة العائل وهذه تقسم إلى:-

أ) **طفيليات يرقة داخلية Larval endoparasitoids**: هى تلك الطفيليات التى تتطفل على عائلها فى الطور اليرقى ويكون الطور الأكول للطفيل (الطور اليرقى) داخلى التطفل وهذه تقسم إلى:-

١- **طفيليات يرقة داخلية – إنفرادية Solitary larval endoparasitoids**: وفيها ينتج فرد واحد من الطفيل من فرد واحد من العائل (اليرقة) حتى بالرغم من حدوث ظاهرة التطفل المتزايد، مثل طفيل *Apanteles litae* المتطفل على فراشة درنات البطاطس.

٢- **طفيليات يرقة داخلية - جماعيـــة Gregarious larval endoparasitoids**: وفيهـــا يخرج أكثر من فرد من الطفيل من نفس الفرد من العائل (اليرقة) بحيث ينتج كـــل فرد من بيضة مستقلة مثل طفيل *Cotesia glomerata* المتطفل علـــى دودة الكرنـــب (شكل ٢:٢).

شكل (٢:٢) يوضح خطوات دورة حياة الطفيل الجماعى الداخلى *Cotesia glomerata*

ب- **طفيليات يرقة خارجية Larval ectoparasitoids** : تشتمل هذه المجموعة على مجموعة الطفيليات التى تتطفل على عائلها فى الطور اليرقى ويكون النمو بعد الجنينى فى الطور اليرقى خارجيـــاً علـــى ســـطح العائـــل. يكـــون معظـــم تلـــك الطفيليـــات جماعيـــة التطفل Gregarious وتلجأ إلى عملية التخدير عند وضع البيض وغالبا مـــا تلجـــأ إلـــى التطفل على الأعمار اليرقية المتقدمة أو الأخيرة لعوائلها لإمتلائها بالغذاء اللازم لنمـــو حضنة الطفيل. من أمثلة تلك المجموعة *طفيل Goniozus legneri* التابع لعائلة Bethylidae المتطفل على يرقة دودة دقيق البحر الأبيض المتوسط *Anagasta kuehniella* وكـــذلك طفيل *Bracon instabilis* المتطفل خارجياً على يرقات دودة درنات البطاطس.

فى هذا النوع من التطفل، تهاجم أنثى الطفيل عائلها بعد تحسسه وقبولها له ثم يتم تخدير العائل عن طريق دفع آلة وضع البيض فى إحدى العقد العصبية الصدرية مفرزة لمادة كيميائية تركيبها الكيميائى غير معروف بالضبط، وبعد مدة وجيزة يسكن العائل تماماً، وغالباً ما تلجا الحشرات إلى التخدير لإنجاز عدة مهام منها:

١- وقف إنسلاخ الطور غير الكامل للعائل المتطفل عليه حيث أنه لو تم وضع البيض على عائل غير مخدر فعند الإنسلاخ يحدث إستبدال وإزاله للجليد القديم بما عليه من بيض أو يرقات الطفيل غير مكتملة النمو ويحل محله الجليد الجديد ويعتبر هذا فقد لبيض الطفيل وبالتالى يؤثر على تعداداته وكفاءته فى مكافحة الآفة بيولوجياً.

٢- وقف حركة الحشره تماما.

٣- وقف التغذية ومعظم العمليات الفسيولوجية الأخرى.

٤- يصبح العائل المتطفل عليه جثة هامدة Carcass، لكن يكون سائل دمه صالح لتغذية صغار الطفيل.

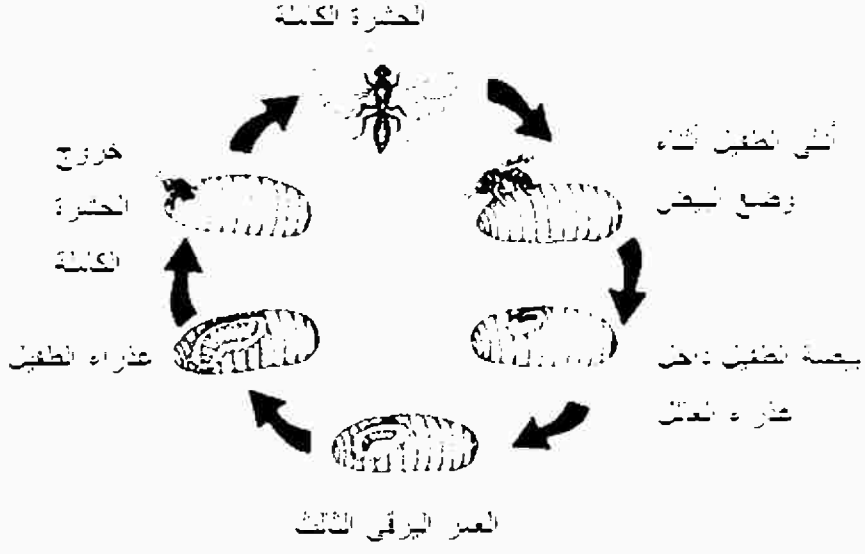
بعد تمام عملية التخدير، تضع أنثى الطفيل بيضها أو يرقاتها (شكل ٣:٢- أ) على سطح العائل المخدر، وعند فقس البيض تثبت الأعمار اليرقية المختلفة نفسها على سطح العائل (شكل ٣:٢- ب) ثم تبدأ فى التغذية وعند إكتمال نموها قد تعذر على أو أسفل أو بجوار بقايا العائل (شكل ٣:٢- جـ).

ومن المسلم به أن معظم الطفيليات الخارجية تحتاج إلى وجبة بروتين لإنضاج البيض الموجود داخل المبايض ولذلك تلجأ الإناث إلى دفع آلة وضع البيض داخل جسم العائل فتحدث به ثقباً فينبثق سائل دم العائل من هذا الثقب الذى ترتشفه الأنثى، مستهلكة معظم المادة الغذائية ليرقة العائل التى تصبح بالتالي غير صالحة للتطفل عليها.

أ ب جـ

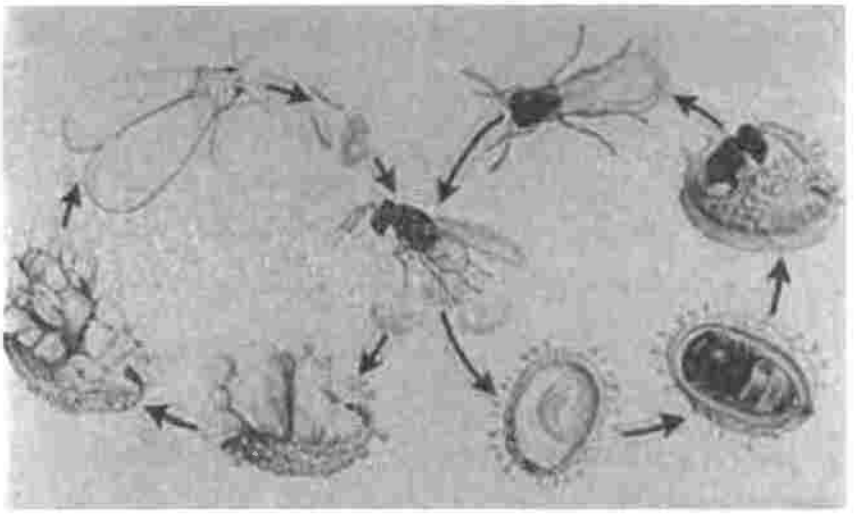
شكل (٣:٢) يوضح خطوات التطفل فى طفيليات اليرقة الخارجية

٥- **طفيليات عذراء Pupal parasitoids**: تحوي هذه المجموعة الطفيليات التي تتطفل على عائلها في طور العذراء وتخرج الحشرة الكاملة للطفيل من نفس هذا الطور مثل طفيل *Brachymeria femorata* المتطفل على أبى دقيق الكرنب، وطفيل *Brachymeria aegyptiaca* المتطفل على دودة الكربتوبلابس، وطفيل *Muscidifurax raptor* (شكل ٤:٢) وطفيل *Nasonia vitripennis* المتطفلان على عذارى الذباب، والطفيلين *Pachycrepoideus vindemmiae*، *Spalangia gemina* على عذارى ذبابة الفاكهة وذباب الدروسوفلا.



شكل (٤:٢) يوضح دورة حياة طفيل العذارء *Muscidifurax raptor*

٦- **طفيليات حورية Nymphal parasitoids**: مثل هذه الطفيليات غالباً ما تتركز فى طفيليات الذباب الأبيض مثل طفيل *Eretomecrus mundus* وطفيل *Encarsia inaron* (شكل ٥:٢) وهما طفيليات حورية على الذباب الأبيض، وطفيليات المن التى غالباً ما تتطفل أيضاً على الحوريات وكذا طفيليات البق الدقيقى مثل الطفيليات *Clausen josefi*، *Leptomastix dactylopii*، *Neoplatycerus palestinesis*، وهى طفيليات إنفرادية داخلية على بق العنب الدقيقى *Planococcus ficus*، (عطية ٢٠٠٣، عوض الله وآخرون ٢٠٠٤).



دورة حياة الطفيل *Encarsia inaron* دورة حياة الذبابه البيضاء

شكل (٢:٥) يوضح دورة حياة طفيل الحورية *Encarsia inaron*

٧- **طفيليات الحشرة الكاملة:** هى مجموعة الطفيليات التى ترتبط بتطفلها على طور الحشرة الكاملةلعائلها الحشرى مثل طفيل *Aphelinus mali* المتطفل على من التفاح الصوفى *Eriosoma langirum* حيث يحول الفرد الكامل من حشرة المن الى مومياء نحاسية الشكل.

من أهم وأشهر الطفيليات المتطفلة على الحشرات الكاملة ما يتبع عائله Braconidae وتحت عائله Euphorinae التى تتخصص فى وضع البيض داخل الحشرات الكاملة من رتبة غمدية الاجنحة مثل جنسى *Micronotus* و*Perilitis*. كما أن فى رتبة Diptera طفيليات تهاجم الحشرات الكاملة مثل طفيليات عائلات Tachinidae و Pyrogotidae و Phoridae. فى عائلة Phoridae على سبيل المثال يكون لإناث الطفيليات القدرة على وضع البيض فى الحشرات الكاملة للجعاليات وهى طائرة.

فى بعض الأنواع الطفيلية تضع الأنثى الكاملة بيضة واحدة داخل العائل تنقسم تباعاً إلى عديد من الخلايا، كل منها ينمو مستقلاً إلى فرد كامل ويطلق على هذه العملية "ظاهرة تعدد الأجنة" Polyembryony. ولو وضع فى العائل الواحد أكثر من بيضة وضعت بأنثى واحدة أو إناث من نفس النوع من خلال عديد من الهجمات فى وقت واحد أو على فترات متباينة وإرتبطت كل هجمة بوضع بيضة أو أكثر من بيضة أطلق على هذا التطفل المتزايد Superparasitoidism، أما إذا هوجم الفرد الواحد من العائل بأكثر من فرد من الطفيليات المتباينة تقسيمياً أطلق عليه التطفل المتعدد Multiparasitoidism.

يمكن أن تصنف الطفيليات أيضاً وفقاً لكيفية تأثير التطفل على العائل فسيولوجياً. فبعض الأنواع (مثل الطفيليات الداخلية من عائلة Braconidae على يرقات حرشفية الأجنحة) التى تنمو داخل العائل الحى المتحرك وتستفيد منه من استمرارية حياته وتغذيته يطلق عليها طفيليات غير قاتلة لعوائلها koinobionts، وعلى العكس من ذلك تلك الأنواع التى تقتل عوائلها قبل أن يفقس بيض الطفيل وعندئذ ينمو داخل أو على العائل الميت أو المخدر يطلق عليها طفيليات قاتلة لعوائلها idiobionts كما هو الحال فى الطفيليات الخارجية أو الداخلية على البيض أو العذارى.

أما تلك الطفيليات التى تهاجم أنواع أخرى من الطفيليات فتعرف بالطفيليات المفرطة hyperparasitoids، أما تلك التى تهاجم عوائل ليست فى حد ذاتها طفيليات على الإطلاق فتعرف بالطفيليات الأولية primary parasitoids. فى بعض الأنواع الطفيلية، يكون لكل من ذكورها وإناثها عوائل مختلفة ويطلق على هذه الظاهرة (تطفل مختلف المسكن) heteronomous. فى بعض أنواع هذه المجموعة يمكن أن تنمو الذكور كطفيليات مفرطة على إناث نفس النوع أو أنواع أخرى.

فى بعض الأنواع الطفيلية، يكون كل البيض ناضجاً فى مبيض الأنثى عند خروجها من العذراء، ويمكن أن يوضع البيض بسرعة دون الحاجة إلى فترة لنضج البيض، وتعرف الإناث فى هذه الحالة أنها مسبقة وضع البيض proovigenic females. وعلى العكس من ذلك، فى بعض الأنواع الأخرى تخرج الحشرة الكاملة الأنثى من العذراء بعدد قليل من البيض الناضج وينضج البيض تدريجياً وتعرف الإناث فى هذه الحالة بالإناث مستمرة وضع البيض synovigenic females. فى حالة الإناث التى فيها ينضج البيض تدريجياً، تحتاج كوامل الإناث إلى البروتين فى غذاءها. فى بعض الأنواع تحصل الأنثى على البروتين اللازم لها من عوائلها بغرز آلة وضع البيض فيها وعندئذ تمتص دم العائل المنبثق من الجرح، ويطلق على هذه العملية التغذية على العائل host feeding. تتواجد هذه الظاهرة بدرجة كبيرة بين الطفيليات غشائية الأجنحة. تتطلب العديد من كوامل الطفيليات إلى كربوهيدرات، ويقل عمر الحشرات بدرجة كبيرة فى غياب مصادر التغذية.

ب- المفترسات الحشرية وغيرها من اللافقاريات

تنتشر عادة الإفتراس بشكل كبير بين الحشرات، والعنكبوتيات Arachnida إذ يمكن أن توجد فى معظم الرتب الحشرية وفى عدد كبير من العائلات. تستخدم الأطوار غير الكاملة للمفترسات الفرائس من أجل نموها، بينما تستهلك حشراتها الكاملة الفرائس فمن أجل إنتاجها reproduction وبقائها survival. تستورد الحشرات المفترسة لمكافحة الآفات الدخيلة، أما

المفترسات المتوطنة native فتكون ذات أهمية عظمى فى خفض تعدادات كل من الآفات العاشبة سواء متوطنة أو دخيلة. يعرف الكثير عن مجاميع المفترسات التى لها دورها الفاعل فى خفض تعدادات الآفات الزراعية وآفات الغابات، يقع معظمها فى ٩ عائلات هى: Pentatomidae, Chrysopidae, Staphylinidae, Coccinellidae, Carabidae, Rheduviidae, Anthocoridae Formicidae, Syrphidae، وتعتبر كلها من المفترسات الشائعة التواجد، مفترسة لعديد من أنواع الآفات النباتية.

الإفتراس هو نوع من أنواع المعاشرة sympiosis فيه يهاجم أحد المعاشرين الذي يطلق عليه المفترس predator فرداً واحداً أو عديداً من الأفراد التي تنتمي إلى نوع واحد أو أكثر من نوع بغرض التغذية عليه، وعندها يقضي هذا المفترس مع كل ضحية prey فترة محددة من الوقت تقل عن فترة تغذية طوره الكامل أو غير الكامل. وقد يعود المفترس إلى نفس الضحية أكثر من مرة بقصد التغذية عليه، وهذا يحدث غالباً بين المفترسات الفقارية واللافقارية.

وينقسم الإفتراس إلى نوعين هامين هما:

١- الإفتراس المميت fatal predatism ويأخذ هذا الإفتراس مظهراً نموذجياً في أغلب المفترسات الفقارية وعديد من الحشرات، عنده يقتل المفترس ضحاياه دائماً.

٢- الإفتراس غير المميت non- fatal predatism ويظهر هذا النوع من الإفتراس غاية في الوضوح في عدد بسيط من المفترسات الفقارية، وبعض أنواع الذباب الواخز، والبق، والبراغيث.

يمكن تقسيم نماذج دورات حياة المفترسات إلى أقسام مختلفة إستناداً إلى أماكن وضع البيض، إذ أن هناك من أنواع المفترسات ما يضع بيضه بجوار الضحايا مباشرة كما في عائلة أبي العيدات Coccinellidae، بينما يضع البعض الآخر بيضه في أواسط الإنتشار العامة للضحايا في الماء أو التربة مثلاً وليس بجوار الضحايا، ولا يزال البعض الآخر متأثراً عند وضع البيض بعوامل لا ترتبط عادة بوسط إنتشار الضحايا. وفيما يلي نماذج دورات الحشرات المفترسة والتي بني تقسيمها على الأماكن التي يوضع عندها البيض ونوع الضحية التي تُهاجم:-

أولاً: يوضع البيض في الأماكن المجاورة مباشرة للضحية والتي يرتبط بها ثلاث مظاهر مختلفة هي:

١- تكون الحشرات المفترسة التي ترتبط بهذا السلوك في وضع البيض مفترسة في أطوارها غير الكاملة فقط مثل المفترس *Phaenobremia aphidivora* من رتبة ذات الجناحين الذي يفترس أثناء طوره اليرقي فقط بعض أنواع المن.

٢- تكون الحشرات المفترسة التي ترتبط بهذا السلوك في وضع البيض مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج متشابهة ومثل ذلك المفترسات التي تنتمي إلى رتبة هدبية الأجنحة Thysanoptera وعدد من عائلات رتبة نصفية الأجنحة Hemiptera مثل عائلة بق الأزهار Anthocoridae مثل جنس *Orius* ورتبة غمدية الأجنحة مثل عائلة أبي العيدات Coccinellidae حيث تهاجم المفترسات ضحايا متشابهة خلال طوري حياتها وتضع بيضها بجوار الضحايا.

٣- بعض المفترسات الحشرية التي تضع بيضها بجوار الضحايا وتتميز علاوة على ذلك بكونها مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا مختلفة الأنواع مثل عدد قليل من أنواع المفترسات ذات الجناحين كما في عائلة Muscidae.

ثانياً: يوضع البيض في وسط إنتشار الضحايا وتنقسم هذه المفترسات بدورها إلى:

١- تسلك بعض المفترسات هذه العادة عند وضع البيض وتكون مفترسة أثناء الأطوار غير الكاملة فقط مثل مفترس أسد المن *Chrysoperla carnea* الذي يفترس المن وغيره من الفرائس خلال الطور اليرقي، ومفترس أسد المن *Cueta variegata* الذى يفترس يرقاته حشرات النمل.

٢- تضع المفترسات بيضها في وسط إنتشار الضحايا وتكون مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج متشابهة تقسيمياً مثل المفترسات التابعة لرتبة هدبية الأجنحة مثل التربس المفترس *Scolothrips longicornis* الذي يفترس خلال طورى الحورية والحشرة الكاملة العنكبوت الأحمر.

٣- تضع المفترسات بيضها في وسط إنتشار الضحايا وتكون مفترسة خلال طوريها الكامل وغير الكامل على ضحايا من نماذج غير متشابهة تقسيمياً مثل المفترسات التابعة لرتبة الرعاشات Odonata التى تفترس أثناء طورها الحورى أنواعاً من فرائس مائية، وأثناء طورها الكامل ضحايا أرضية.

أما عن الأكاروسات المفترسة فقد أصبح دورها فى خفض تعدادات مجاميع من الآفات على المحاصيل وغيرها من النباتات أكثر معرفة فى السنوات الأخيرة. ليس للعناكب spider التى تعتبر من آفات المحاصيل الزراعية، أية طفيليات ويعتمد بدرجة كبيرة فى خفض تعداداتها على المفترسات، والتى تتضمن التربس المفترس وخنافس أبو العيد والعناكب المفترسة من عائلة Phytoseiidae.

تهاجم القواقع Snails والرخويات Slugs بالقواقع المفترسة وذباب عائلة Sciomyzidae (التى تفترس يرقاتها واحد أو أكثر من قواقع عديدة أثناء فترات نموها)، وبعض الخنافس الأرضية من عائلة Carabidae. أستخدمت القواقع كعناصر للمكافحة البيولوجية لتحل محل (من خلال المنافسة) القواقع التى تعمل كعوائل وسيطة لأمراض البلهارسيا، أو (من خلال الإفتراس) لتقلل من تعدادات القواقع التى تعمل كآفات للمحاصيل الزراعية وغيرها من النباتات. أستوردت القواقع المائية مثل أنواع من أجناس *Thiara* , *Melanoides*, *Tarebia*, *Marisa* التى لا تستخدم كعوامل وسيطة للبلهارسيا التى تصيب الكبد فى الإنسان لتنافس تلك، مثل أنواع جنس *Biomphalaria*، التى تعمل كعوائل وسيطة. كذلك أستورد القوقع المفترس *Euglandia rosea* إلى مناطق مختلفة لمكافحة القوقع الأرضى الإفريقى العملاق *Achatina fulica* وهى آفة عاشبة تهاجم المحاصيل.

تتنوع المفترسات من الفقاريات التى تهاجم الآفات الحشرية، إذ تتضمن الطيور المتغذية على الحشرات، والثدييات الصغيرة، والسحالى، والبرمائيات، والأسماك ، أستخدم البعض منها كعناصر للمكافحة البيولوجية. وبالرغم من أن الطيور والثدييات لم تستعمل بصفة عامة كعناصر بيولوجية للإستيراد ضد الآفات الدخيلة، فإن الأنواع المتوطنة منها يعتقد أنها سبب موت عديد من الآفات، وبصفة خاصة فى البيئات المستقرة مثل الغابات. وعلى العكس، فإن الأسماك قد أستخدمت من خلال إطلاقات مكثفة فى مجارى المياه لخفض تعدادات يرقات البعوض.

جـ- ممرضات ومفترسات الفقاريات Pathogens & Predators of vertebrates

قد تستخدم الممرضات فى بعض الأحيان لخفض تعدادات الآفات الفقارية عندما يتم إنتقائها وتعريفها بكل دقة للإستعمال الآمن. قد يكون إستخدام عناصر المكافحة غير مقبول فى البيئات المستقرة لكنه يكون مقبولاً فى غيرها مثل جزر المحيطات حيث لا يكون هناك إستقرار آدمى يوجب أو يخلق تضارباً بين خفض تعدادات هذه الأنواع المتوحشة (التى ينظر إليها على أنها آفات) وتلك التعدادات المنزلية لنفس النوع (والتى ينظر إليها كمصادر إقتصادية هامة). لذلك فإن إطلاق ممرض مثل *Feline panleucopaenia* لمكافحة التعدادات المتوحشة للقطط المنزلية فى جزر غير آهلة بالسكان أمر مقبول، لكن، فى مناطق أخرى يكون من غير المقبول إستعمال هذا الممرض. تتضمن الممرضات الفقارية الأخرى التى أستعملت فى مجال المكافحة البيولوجية فيروس ميكسوما Myxoma virus للأرانب، و بعض الديدان helminthes التى تهاجم الفئران. هناك إهتمام أيضاً بإمكانية إستخدام الممرضات التناسلية venereal لخفض معدلات النمو السريع

والمتوحش للماعز فى جزر المحيطات غير الآهلة بالسكان إذ أنها تسبب ضرراً كبيراً للنباتات المتوطنة.

نادراً ما تكون الأنواع الفقارية التى تعمل كمفترسات للفقاريات متخصصة بالقدر الكافى الذى يسمح بإستيرادها بأمان لمناطق أخرى غير مواطنها الأصلية.

كان البعض يعتقد لسنين عديدة أن الطيور والثدييات المفترسة الصغيرة يمكن أن تكون وسائل الضغط الهامة التى تقلل من تعدادات الآفات الحشرية وخصوصاً فى مناطق الغابات، لكن هناك قليل من التجارب التى توضح تأثير المفترسات الفقارية الأرضية فى مكافحة آفات معينة. تضمنت هذه المفترسات ذات الإهتمام مجموعات واسعة ومتنوعة من الطيور آكلات الحشرات والثدييات الصغيرة مثل الفئران ولكن بسبب المدى الغذائى الواسع لمثل هذه الفقاريات وسلوكياتها المرنة فى جمع الغذاء أصبح إستيرادها إلى مناطق جديدة فى منتهى الخطورة مقارنة بإستيراد غيرها من عناصر المكافحة البيولوجية. ولذلك يعتبر الحفاظ على الفقاريات المتوطنة المتواجدة وتشجيعها هى الطريقة الأساسية التى من خلالها يمكن إستعمال الطيور والثدييات فى مجال المكافحة البيولوجية بدلاً من إستيراد أنواع جديدة.

أستخدمت بعض الفقاريات المائية (مثل أنواع مختلفة من الأسماك) فى مكافحة الحشرات التى تربى فى الماء مثل البعوض والهاموش. أكثر الأنواع إستعمالاً لهذا الغرض نوعين من الأسماك يتبعان عائلة Poecilidae هما سمك البعوض *Gambusia affinis* ونوع السمك *Poecilia reticulata*، وقد نجح إستعمال هذين النوعين فى حالات عديدة، لكن لم تكن فعالة فى البعض الآخر. يمكن أن يؤثر إستيراد أسماك عائلة Poecilidae وغيرها من الأنواع غير المتوطنة على الأسماك المحلية المتوطنة من خلال المنافسة أو التهجين hybridization وهذا الإحتمال لابد أن يؤخذ فى الإعتبار بعناية قبل إطلاق تلك الأنواع الدخيلة فى المناطق الجديدة. ولابد أن يؤخذ فى الإعتبار إمكانية إستعمال الأسماك المحلية كبديل عن تلك الإستيرادات.

د- الممرضات والنيماتودا التى تهاجم مفصليات الأرجل

المرض هو الحالة التى يكون فيها الجسم أو أحد أعضائه أو أنسجته مضطرب disturbed إما وظيفياً أو تركيبياً. يمكن أن تكون الأمراض إما معدية بسبب الممرضات أو غير معدية بسبب العوامل غير الحيوية (مثل الحرارة والتجويع والإصابة والكيماويات). ويهمنا فى هذا المجال الحالة الأولى.

تشمل الممرضات الحشرية entomopathogens عدداً من الأنواع البكتيريـــة والفيروســات والفطريات والبروتوزا. تعتبر الأوبئة الطبيعية بعناصر معينة منها ذات أهمية كبيرة فى إحـــداث الموت لبعض الأنواع من الآفات. وسوف نلقى الضوء فقط على تلـــك المجـــاميع الممرضـــة إذ يختص علم أمراض الحشرات بالتفصيلات عنها.

من بين المجاميع الممرضة، تعتبر البكتريا من أكثر العناصر البيولوجية التى تسوق تجارياً. وتعتبر البكتيريا أكثر طلباً للإستعمال التجارى من الفيروسات بسبب أن عديد من الأنواع يمكـــن إنمائه على بيئات متخمرة fermentative media وأن معظمهـــا لا يتطلـــب التكـــاليف الباهظـــة لزراعتها على عوائل حشرية حية.

الممرضات البكتيرية Bacterial pathogens

البكتيريا كائنات وحيدة الخلية ذات جدر خلوية صلبة rigid ، يتفاوت شكلها بين العـــصوى rods والكروى spheres والحلزونى spiral. تدخل معظم البكتيريا الممرضة عوائـــل مفـــصليات الأرجل من خلال الفم عند إبتلاع غذاء ملوث بها. تتضاعف فى القناة الهضمية وتنتج إنزيمـــات (مثل الليسيثينز lecithinase والبروتينيز proteinase) وتوكسينات toxins تتلـــف خلايـــا القنـــاة الهضمية الوسطية وبذا تساعد البكتيريا فى أن تغزو تجويف دم الحشرة. وبمجرد نجاحهـــا فـــى غزو تجويف الدم تسبب البكتيريا تسمماً عاماً للعائل ينتج فى أثنائه مزيد من التوكسينات. ينـــتج موت العائل من التضاعف فى نمو البكتيريا فى تجويف الـــدم والتـــسمم بواســـطة التوكـــسينات البكتيرية. قبل الموت، تفقد العوائل شهيتها للأكل وتتوقف عن الغذاء. تصاب العوائل المريـــضة بالإسهال وتخرج برازاً سائلاً، كما يمكن أن تتقيأ. وتعمل كل من هاتين العمليتين علـــى توزيـــع جزئيات معدية من البكتيريا فى الوسط فتسمح بإنتقال المرض إلى عوائل جديدة. تصبح العوائـــل التى تقتل بالبكتيريا غامقة اللون لينة وتصبح الأنسجة لزجة ذات رائحة كريهة. يبقى جدار جـــسم الحشرة سليماً بينما تتكمش الجثة وتصبح جافة وصلبة. تضفى بعض أنواع من البكتيريـــا ألوانـــاً مميزة على جثة العائل. فعلى سبيل المثال وجود اللون الأحمر يكون دليلاً على الإصابة بالبكتيريا *Serratia marcescens*، وتظهر يرقات النحل المصابة بالبكتريا *Bacillus alvei* لونـــاً أصـــفر أو رمادياً، بينما تلك المحتوية على البكتيريا *B. larvae* تكون ذا لون بنى غـــامق. يتحـــول الجـــزء الخلفى من يرقات الخنفساء اليابانية المصابة بالبكتيريا *Bacillus popillae* إلى اللون الأبيض. تحول معظم الإصابات البكتيرية الأخرى لون العائل إلى اللون البنى الغامق وهو لـــون مـــرتبط بالتحلل البكتيرى.

بينما تدخل معظم بكتيريا مفصليات الأرجل إلى عوائلها من خلال الفم، فالقليل منها قادر على إختراق جدار الجسم مباشرة كما هو الحال فى البكتيريا *Micrococcus nigrofaciens* الممرضة لخنافس جنس *Lachnosterna*. تنتقل بعض البكتريا رأسياً من الأبوين إلى النسل كما هو الحال فى البكتيريا *Serratia marcescens* الذى يصيب الجراد البنى *Locustana paradalina*. فى بعض الحالات يمكن أن تدخل البكتيريا إلى التجويف الدموى للعائل مباشرة على آلة وضع بيض طفيليات غشائيات الأجنحة. وعلى كل فهذه الحالات ذات أهمية ضئيلة إذ أن الطريق الدائم لدخول البكتيريا الممرضة لمفصليات الأرجل يكون عن طريق الفم عند التغذية على غذاء ملوث.

نظراً لأن التجويف الدموى للحشرة هو الموقع المميز للعدوى البكتيرية فى معظم مفصليات الأرجل، فإن ميكانيكيات الدخول إلى هذا الموقع تكون من المحددات الضرورية لفاعلية وتأثير الممرضات البكتيرية. هناك ميكانيكيات عديدة تسمح بدخول البكتيريا لفراغ التجويف الدموى. تنتج بعض الأنواع فى جنس *Bacillus* بروتينات بللورية سامة تساعد البكتيريا فى إختراق الخلايا الطلائية للقناة الهضمية الوسطية. تدخل أنواع أخرى من البكتيريا التجويف الدموى بإحداث ثقوب تفتح فى غشاء خلايا القناة الهضمية الوسطية وبذا يؤثر على نفاذيته. هناك أنواع أخرى من البكتيريا تفتقر إلى التوكسينات وتكون عادة غير قادرة على الدخول إلى فراغ التجويف الدموى وعادة تعيش كمترممات saprophytes فى القناة الهضمية للحشرة. مثل هذه المجاميع (*Pseudomonas, Serratia, Proteus*) تكون ممرضة فيما لو اخترقت التجويف الدموى لكن عادة لا تستطيع ذلك ما لم يكن العائل تحت ضغط بعوامل أخرى. فعندما يكون العائل تحت ضغط، تكون هذه البكتيريا قادرة على أن تتضاعف فى القناة الهضمية وتخترق بفاعلية التجويف الدموى بمساعدة الإنزيمات مثل إنزيم الليسيثينز Lecithinase. تحيا البكتيريا من جنسي *Photorhabdus*, *Xenorhabdus* معاشرة لبعض أنواع من النيماتودا فى عائلتى Steinernematidae, Heterorhabditidae على الترتيب. تستخدم النيماتودا كحامل للبكتيريا إذ تخترق ميكانيكياً فراغ الحشرة الدموى وتضع البكتيريا هناك مباشرة.

بالرغم من أن أنواع عديدة من البكتيريا الممرضة لمفصليات الأرجل لم تكتشف بكل تأكيد بعد، لكن تلك التى درست حتى يومنا هذا يمكن أن تقسم إلى مجموعتين كبيرتين هما مجموعة الأنواع غير المكونة للجراثيم non-spore –forming وتوجد فى عائلات Pseudomonadaceae (مثل *Pseudomonas*) Enterobacteriaceae, (مثل *Serratia, Cloaca, Aerobacter*) التى تتواجد فى التربة وأيضاً تتواجد فى القناة الهضمية لمفصليات الأرجل. يمكن أن تصبح هذه البكتيريا

ممرضة، بصفة خاصة عندما تشترك مع الممرضات الأخرى، أو عندما يكون العائل تحت ضغط فسيولوجي. يمكن أن تصيب بعض من هذه الكائنات الثدييات ولذا فإنها، فى معظم الحالات، لا تستخدم تجارياً كعناصر للمكافحة البيولوجية ضد الآفات، باستثناء الممرض *Serratia entomophila* الذى يباع تجارياً لمكافحة الجعل *Costelytra zealandica*. أما المجموعة الثانية فهى الأنواع المكونة للجراثيم Spore-forming وتوجد فى عائلات Bacillaceae والتى لاقت اهتماماً لعديد من أنواعها مثل أنواع جنس *Bacillus* الذى يتضمن *B. Popilliae*، *B. sphaericus*، *B. thuringienesis*.

البكتريا *B. popilliae* وغيرها من الأنواع القريبة ممرضات ليرقات الجعال وهى ذات أهمية كعناصر فاعلة ضد آفات المراعى والأراضى المنزرعة، مثل الخنفساء اليابانية *Popillia japonica*. توصف الإصابة بهذا الممرض بالمرض اللبنى Milky disease بسبب اللون اللبنى لدم العوائل المصابة. لاينتج الممرض *B. popilliae* جراثيماً بغزارة (وهو الطور المستعمل فى توليفات المبيد) خارج العائل in vitro وقد أدت الحاجة إلى عوائل حشرية حية لإنتاج الجراثيم أن أصبح إنتاج هذا الممرض مكلفاً ومحدوداً فى استعماله التجارى. من الصعب عزل البكتيريا *B. popilliae* عن أنواعها القريبة منها ويعتمد التمييز النوعى على مورفولوجيا الخلية المتجرثمة sporulated cell وعلى المدى العوائلى.

تتواجد البكتيريا *B. sphaericus* فى سلالات عديدة، البعض منها ممرض للحشرات. عزلت السلالة الممرضة فى عديد من الدول وهو قابل للإنتاج التجارى بسبب إمكانية إنتاجه عن طريق التخمر fermentation. يرجع نشاطه السمى إلى التوكسينات البللورية المرتبطة بجدار الخلية والتى تنطلق عند الهضم بعد إبتلاع العائل الحشرى لجراثيم البكتيريا. المدى العوائلى لهذه البكتريا ضيق جداً ويظهر أنه محدود للغاية فى بعض أجناس البعوض.

لكل من هذين النوعين السابقين قدرة كبيرة على الانتشار الأفقى وبالتالى لهما القدرة على إحداث دورات مستمرة من المرض فى إصابة تعدادات مفصليات الأرجل لعدة سنين.

البكتيريا *B. thuringiensis* هى أكثر الأنواع تسويقاً كممرض لمفصليات الأرجل. تصيب معظم سلالات هذا النوع حرشفيات الأجنحة وقد أستعمل لخفض تعدادات عدد من آفات الفاكهة والخضر والغابات، وحديثاً هناك سلالات تصيب حشرات رتب أخرى وبذا إتسع مجال المستهدفات لمنتجات هذا الممرض. تكون السلالة israelensis فاعلة ضد يرقات ذات الجناحين متضمنة البعوض والذباب الأسود وغيرها. أما سلالة tenebrionis فقد وجد أنها ذات فاعلية ضد

حشرات غمدية الأجنحة من عائلة Chrysomelidae وقد أمكن إنتاجها تجارياً لمكافحة خنفساء الكلورادو *Lepinotarsa decemlineata* وغيرها من الأنواع. بعض سلالات *B. thuringiensis* تكون فاعلة ضد الكائنات غير مفصلية الأرجل مثل النيماتودا الطفيلية على النباتات والقواقع.

تتميز البكتيريا *B. thuringiensis* عن باقي الأنواع الأخرى بالمميزات الآتية:

- سمية عالية لتوكسينها البللورى (دلتا إندوتوكسين) ليرقات البعوض والذباب الأسود.
- درجة عالية من الأمان للكائنات المائية غير المستهدفة.
- متخصصة فى مكافحة آفات حشرية معينة.
- يسهل إنتاجها بالتخمر fermentation ولا توجد مشاكل لتخزينها.
- تنمو بسرعة على البيئات الصناعية وتشكل البللورات البروتينية أثناء التجرثم.
- يحدث الموت ليرقات البعوض ليس بسبب نمو الجراثيم ولكن بالتأثير المباشر للتوكسين البللورى ولذا فإن هذه السلالة أفضل من غيرها لمكافحة يرقات البعوض.
- يحدث الموت للعوائل التى تبتلع خلايا هذه البكتيريا من تأثير مشترك للتسمم بواسطة التوكسينات وتضاعف النمو البكتيرى. معظم المنتجات التجارية للبكتيريا *B thuringiensis* تحتوى على الجراثيم الحية، لكن البعض لا يحتوى عليها مثل مستحضر أقراص توكسين هذه البكتيريا.

أمكن بإستعمال الهندسة الوراثية توسيع المدى العوائلى لسلالة البكتريا *B. thuringiensis* عن طريق دمج الجينات المسئولة عن التوكسينات وبذا أمكن لسلالة واحدة من البكتريا مهاجمة حشرات من رتبة ذات الجناحين وغمدية الأجنحة وحرشفية الأجنحة، بعد أن كانت السلالة kurstaki متخصصة ضد حرشفية الأجنحة، والسلالة israelensis ضد حشرات ذات الجناحين، والسلالة tenerbrionis ضد حشرات غمدية الأجنحة. أيضاً يمكن الحقن فى نباتات المحاصيل لتجعله قادراً على إنتاج توكسينات بالمستوى الكافى لحمايته من الآفة فيما يعرف بالنباتات المعدلة وراثياً genetic modified plants. يحدث فى بعض الأنواع من الحشرات، عند تعرضها لتكرار المعاملة بمستحضر البكتيريا *B. thuringiensis* أن ينشأ تعدادات منها مقاومة لتوكسينات البكتيريا. عند إستعمال الهندسة الوراثية لتحسين خواص الممرضات، لا بد من إختبار وتسجيل المنتج الجديد لتحديد مخاطرها على الإنسان والبيئة، مع دراسة ثبات Persistence هذه المركبات أيضاً وإنتشارها والمدى العوائلي. يتفاوت الثبات من أيام قليلة على أسطح النباتات التي تتعرض للأشعة فوق البنفسجية إلى سنين في التربة.

تكمن مخاطر إستعمال الهندسة الوراثية فى:

١- يمكن أن يؤدى خلط جينات من أنواع مختلفة أو أجناس مختلفة إلى خصائص غير مرئية فى الكائن المشكل.

٢- يمكن أن تصبح الكائنات المشكلة آفات.

٣- يمكن أن يتداخل الكائن المشكل مع الأنواع الأخرى بطرق تؤدى إلى إنتقال المادة الوراثية للجين إلى الأنواع الأخرى بتبعات غير معروفة.

تعتبر البكتيريا *B. thuringiensis* من أنواع الممرضات البكتيرية التى لا تحدث أوبئة بدرجة معنوية فى الطبيعة بسبب إنتاجها القليل من الجراثيم والإنتشار غير المؤثر لها مما دعى البعض إلى الاعتقاد أن هذا النوع ربما كان فى الأصل رميا فى الطبيعة وعرضيا فقط كممرض حشرى. وغير ذلك فإن هذا النوع، كما سبق ذكره، له أهمية فى المكافحة البيولوجية كعنصر بيولوجى يمكن إكثاره. يتطلب الموت بواسطة هذه البكتيريا الأندوتوكسين (endotoxin) حتى تتمكن البكتيريا من الوصول إلى تجويف الدم.

مدى الآمان عند تناول البكتيريا الممرضة للحشرات:

١- تكون سلالات البكتيريا *Bacillus thuringiensis* التى تنتج بيتا إندوتوكسين Beta endotoxin ممرضة للفئران والطيور.

٢- سجل حالتين فقط لعدوى *B. thuringiensis* فى الإنسان، واحدة فى الإصبع (تسببت من حقنة لعامل يتعامل مع مزارع الBT) والأخرى فى العين. فى كلا الحالتين لم تكن الإصابة شديدة الخطورة وإستجابت للمضادات الحيوية. فى حالة إصابة العين، ربما كان هناك عنصر آخر ممرض غير معروف هو المسئول عن العدوى الفعلية. يمكن قبول هذا الإفتراض حيث إعتمد الفحص فقط على وجود البكتيريا فى العين وليس على تعريف العدوى. بقاء البكتيريا لعدد قليل من الأسابيع فى أنسجة معرضة أمر معروف.

٣- ترتبط بكتيريا *B. thuringiensis* مع البكتيريا *B. cerceus* فى مصادر مياه الشرب. تسبب السلالة الأخيرة تسمم غذائى للإنسان.

٤- ليس للنوع *B. thuringiensis* أو *B. sphericus* تأثير على النحل تحت الظروف الطبيعية.

٥- تموت ديدان الحرير والأطوار غير الكاملة للطفيليات داخل عوائلها لو عرضت للبكتريا *B. thuringiensis* مما أدى فى بعض البلاد مثل الهند إلى إستخدام بعض السلالات غير المؤثرة على حشرات حرشفية الأجنحة.

٦- إذا إستخدمت السلالة *B. thuringiensis* var. *israelensis* في المياه تظهر بعض التأثيرات الخفيفة على اللافقاريات غير المستهدفة بإستثناء حشرات عائلة الهاموش Chironomidae وعائلة Dixidae التى تتأثر بدرجة متوسطة.

الممرضات الفيروسية Viral pathogens

الفيروسات كائنات غير خلوية لها صفات الكائن الحى. وهى طفيليات إجبارية فى الخلايا الحية ولذا فإن إنتاج الفيروسات يتم فقط فى العوائل الحية أو زراعات الخلية cell cultures. يتكون جزىء الفيروس من الجينوم genome (إما الحمض النووى deoxyribonucleic acid (DNA) أو الحمض النووى ribonucleic acid (RNA)) مغلف فى غلاف بروتينى حام له يعرف بالكابسيد (Capsid) وتغليفات أخرى فى طبقات إضافية تعرف بالأغلفة envelopes. يطلق على الكابسيد + D N A أو R N A الكبسولة الفيروسية nucleocapsid أو الفيريون Virion. يمكن أن تكون الفيريونات مطمورة (فى بعض أنواع الفيروسات) فى مادة بروتينية حامية يطلق عليها الأجسام الحاوية occlusion bodies. يتضاعف replicate الفيروس داخل خلايا العائل مستغلاً البروتين والمواد الأخرى فى خلاياه. من بعض الصفات الهامة فى بيولوجيا الفيروسات، ذات الأهمية فى مجال المكافحة البيولوجية، هى حساسية الفيروسات للعوامل غير الحيوية abiotic factors مثل الأشعة فوق البنفسجية والحرارات العالية.

تقل الحساسية للعوامل غير الحيوية فى عائلات الفيروسات Entomopoxviridae, Baculoviridae, و Reoviridae بالغلاف البروتينى (الأجسام الحاوية) protein (Occlusion bodies) matrix الذى يحيط ويحمى الفيريون. وتزيد هذه الأجسام المحتواه occlusion bodies من ثبات stability الفيريون وبقائه persistence أثناء الفترات المتواجد فيها خارج العائل. لا تتعرض الفيروسات الأخرى مثل فيروسات عائلة Rhabdoviridae لمثل هذه العوامل غير الحيوية بسبب أنها مرتبطة تماماً بالعائل طوال الوقت متنقلة رأسياً Transmitted vertically بين أجيال العائل.

بإستثناء الحالات الخاصة التي ينتقل فيها الفيروس عن طريق المبيض (النقل المبيضي transovarial transmission)، يكون الفم غالباً هو المدخل الرئيسى لفيروسات عائلة Baculoviridae إلى العائل عند إلتهام غذاء ملوث. تذيب درجة تركيز الأيون الأيدروجينى pH العالية فى القناة الهضمية للحشرة الأجسام الحاوية البروتينية محررة للفيريونات virions. تندمج merge أغلفة الفيريون Virion envelops مع أغشية cell membrane الخلايا الهدبية microvilli

للقناة الهضمية وتدخل الكبسولات الفيروسية nucleocapsids خلايا العائل. وبالتالى فإن الفيريون المغلف enveloped ينطمر envaginated فى فراغ من غشاء الخلية وأخيراً يتحرر فى الخلية بعد أن تذيب الأنزيمات الفراغ وغلاف الفيرون. يطلق على هذه العملية إسم Viroplexis.

تعتبر عائلة الفيروسات العصوية Baculoviridae من أكثر العائلات الفيروسية كعناصر فاعلة فى المكافحة البيولوجية. تتضمن هذه العائلة الفيروسات النووية البوليهيدرية من الفيروسات الحبيسة (المغلفة) oculated viruses. فى حالات عديدة، أستعملت فيروسات هذه العائلة فى محاولات لخفض تعدادات الآفات. شملت هذه الحالات إستيراد للفيروس تبعه إستقرار له، وأيضاً إستعمال كمى له.

فى معظم حرشفيات الأجنحة، يصيب الفيروس النووى البوليهيدرى NPV عديد من أنسجة الحشرة (مثل الجسم الدهنى، خلايا جدار الجسم، القصبات الهوائية، خلايا الدم)، بينما فى حشرات عائلة الدبابير المنشارية Symphyta من غشائية الأجنحة، فإنه يصيب فقط خلايا القناة الهضمية الوسطية. تؤثر هذه الاختلافات بشدة على عدد وحدات الفيرونات الناتجة من عائل مصاب، مؤثرة بذلك في كل من الإنتاج التجاري للفيروس، وديناميكية إنتقاله أفقياً في الطبيعة.

تفقد يرقات مفصليات الأرجل (مثل معظم يرقات حرشفيات الأجنحة) المصابة بالفيروسات NPV (من عائلة Baculoviridae) شهيتها، لكن تستمر فى التغذية بمعدلات منخفضة حتى قبل وفاتها بأيام قليلة، والذى يمكن أن يحدث فى خلال ٥- ٢١ يوماً من الإصابة. قبل الموت، تتحرك بعض الأنواع من اليرقات المصابة إلى مواضع مرتفعة فى النبات للتعلق بأرجلها البطنية الخلفية (شكل ٦:٢).

شكل (٦:٢) يوضح مراحل مختلفة ليرقات حرشفية الأجنحة مصابة بفيروس NPV موضحاً تعلقها بأرجلها البطنية الخلفية.

يسهل هذا السلوك الإنتشار الأفقى للفيروس من خلال تلوث الغذاء. غالباً ما تصبح الأفراد الميتة هشة flaccid وينشق الجلد محرراً في الطبيعة كل الأجسام الحاوية occlusion bodies المحتوية على الفيرونات. ويكمل إلتهام الأوراق الملوثة بوحدات الفيروس بواسطة العوائل الجديدة دورة إنتقال الفيروس، مؤدياً بذلك عادة إلى الوبائية. أما يرقات حرشفيات الأجنحة المصابة بالفيروس البوليهيدرى السيتوبلازمى CPV فهى عادة ما يتأخر نموها. ويتقدم المرض يمكن رؤية القناة الهضمية الوسطية من خلال جدار الجسم كمساحة صفراء فاتحة أو مبيضة. فى المراحل الأخيرة تمر وحدات الفيروس مع البراز، أو يتم تقيؤها بواسطة الحشرة. وعادة لا ينشق جدار جسم اليرقات المريضة على عكس الحال فى حالة الإصابة بالفيروس NPV. تميل بعض الإناث عند إصابتها بالفيروس إلى وضع البيض فردياً، وهذا يساعد على وجود بقع كثيرة لإنتشار المرض أكثر من الإناث التي تضع البيض في مجموعات.

يتحول لون يرقات الدبابير المنشارية Sawflies المصابة بفيروس NPV إلى اللون الأصفر الفاتح (وخصوصاً على الحلقات البطنية ٣-٥)، وتفقد شهيتها وتصبح غير نشطة. ويخرج غالباً من فتحة الشرج سائلاً بنياً أو لبنياً. أما يرقات حشرة *Tipula paludosa* المصابة بفيروس NPV فتصبح أفتح لوناً كلما تقدم المرض، وأخيراً تتحول إلى اللون الطباشيرى الأبيض.

أما الأعراض المرتبطة بالفيروس الحبيبى GV فهى تتفاوت من نوع إلى آخر. وعادة ما تكون العلامات الأولى هو تحول اللون إلى اللون الفاتح، يتبع بفقد الشهية. وقد يتبقع الجلد وغالباً ما يصبح السطح السفلى أبيض فاتح أو أصفر لبنى بسبب إصابة الجسم الدهنى. وعند تحلل أنسجة اليرقة المصابة، ينطلق عدد كبير من كبسولات الفيروس ويصبح سائل الدم عكراً ولبنياً. فى بعض الأنواع، يمكن أن يوجد إماعة liquification للأنسجة الداخلية بعد الموت. وعندما تصاب الخلايا الطلائية لجدار الجسم يصبح جدار الجسم هشاً متشابهاً فى ذلك مع أعراض الإصابة بالفيروس NPV، إلا أنه فى حالة عدم إصابة خلايا جدار الجسم يبقى جدار الجسم سليماً إلى حد ما.

اليرقات المصابة بالفيروسات القزحية iridoviruses غالباً ما يمكن التعرف عليها بلون أنسجتها البنى أو الأخضر أو الأزرق التى تعكس أطيافاً جميلة كقوس قزح.

أما أعراض الإصابة بالفيروسات الحرة غير الحبيسة (غير المغلفة) non-occulted فيظهر أنها خاصة بعوائلها ونوع المرض. فعلى سبيل المثال، يكون العرض الوحيد فى حشرات الدروسوفلا المصابة بالفيروس "سيجما" sigma virus هو أنه يترك الذبابة حساسة لثانى أكسيد

الكربون. هذا المرض ينتقل وراثياً عن طريق الجاميطات Gametes ولا يخضع لقوانين مندل الإنعزالية Mendelian segregation. أما نحل العسل المصاب بفيروس الشلل المزمن والحاد فتظهر أعراض الارتجاف وفقد التوازن. أما يرقات نحل العسل التى تموت بفيروس تكيس الحضنة sacbrood virus فإنها تتمدد على طول أرضية الخلية مع اسوداد الرأس دون بقية الجسم. يحدث الإنتقال فى حالة فيروس الخنفساء *Orycetes rhinoceros* (وهو من النوع الحر غير الحبيس non-occulted virus) بالتلامس مع براز ملوث بالفيروسات من حشرات خنافس مصابة والتي يمكنها أن تعيش لمدة ٣٠ يوماً. تعمل أيضاً تغذية الحشرات الكاملة وتبرزها فى مواقع تستعمل لوضع البيض ونمو اليرقات على الإنتشار الأفقى لهذا الفيروس.

من العائلات المهمة أيضاً كعناصر للمكافحة البيولوجية عائلة Polydnaviridae والتى ترتبط فى علاقة تبادلية mutualistic association مع طفيليات من فوق عائلة الدبابير المتطفلة Ichneumonoidea. يتضاعف هذا الفيروس فى الخلايا الطلائية فقط لكأس مبيض عوائلها من الدبابير، ولا تسبب له أى حالات مرضية ملحوظة. تحقن هذه الفيروسات فى عوائل هذا الدبور من حرشفيات الأجنحة أثناء وضع البيض فيها. وتعتبر هذه الفيروسات هامة لنجاح التطفل بسبب إنها تساعد فى تقليل الاستجابة الدفاعية للعائل عن طريق خفض عمل جهازه المناعى.

تصيب معظم الفيروسات الأطوار اليرقية، لكن قد تصاب الحشرة الكاملة مثل مرض الشلل الحاد فى نحل العسل. هذا ولا تنتقل الفيروسات عن طريق المبيض (النقل المبيضى) transovarial transmission، لكن يمكن عن طريق تلوث السطح الخارجى للبيضة (النقل البيضى) transovum transmission.

الممرضات الفطرية Fungal pathogens

من الناحية المورفولوجية، تكون الفطريات وحيدة الخلايا (مثل الخمائر) أو خيوط متفرعة (هيفات) تشكل فى مجموعها الميسليم mycelium. تتكون الهيفات من حلقات segments وحيدة النواة أو متعددة النوايا دون وجود جدر عرضية تفصلها. تتكاثر الفطريات جنسياً أو لا جنسيا أو كليهما. يشمل التكاثر الجنسى اتحاد ما بين تركيبين structures، يمكن أن تكونا جاميطات gametes متحركة، أو إحداها متحرك والأخرى ثابتة، أو هيفاتان مختلفتين جنسياً أو إثنتين غير مختلفتين.

الفطريات إما أن تكون متشابهة الثالوث (يكون عضو التذكير وعضو التأنيث من ميسليم واحد) homothalic أو متباينة الثالوث (يكون عضو التذكير على ميسليم وعضو التأنيث على ميسليم آخر) heterothalic، ذات جسم فطرى واحد ينتج كلا الجنسين فى الحالة الأولى وجنس واحد فقط فى الحالة الثانية. تأخذ الأطوار المعدية فى الفطريات أنماط محددة مختلفة متضمنة الجراثيم spores، والكونيديات conidia، والجراثيم الزيجية zoospores، والجزيئات المعدية وحيد النواة planonts، والجراثيم الأسكية (الزقية) ascospores. يتشابه معظمها (بإستثناء الجراثيم الزيجية للفظريات المائية) وظيفياً فى طريقة تلامسها ودخولها إلى جسم العائل.

تحدث العدوى بالفطريات غالباً من خلال جلد العائل، إذ قليلاً ما تحدث من خلال الفتحات الطبيعية له. نادراً ما يحدث إنتقال العدوى عن طريق النقل المبيضي transovarial. وعلى العكس من الممرضات البكتيرية والفيروسية، لا تغزو معظم الفطريات العائل من خلال القناة الهضمية بعد ابتلاعها. غالباً ما تتعرض مفصليات الأرجل التى تتغذى بامتصاص عصارة النبات مثل المن للإصابة الفطرية (من خلال الجلد) لكن بالقياس لا تصاب بالإصابات البكتيرية أو الفيروسية. تكون بعض الفطريات متخصصة على عائل معين أو طور معين، بينما البعض الأخر مثل فطر *Metarrhizium anisopliae* , *Beauveria bassiana* يكون ذا مدى عوائلى واسع. فى بعض الحالات يكون الفطر مركزاً فى أعضاء خاصة من العائل مثل الفطر *Massospora cicadina* والفطر *Strongwellsea castrans* اللذان يتواجدان فقط فى بطون الحشرات الكاملة العائله له.

تبدأ العدوى بالفطر بالتلامس بين عوائل حساسة والوحدات الممرضة (مثل الجراثيم أو الكونيديات). تكون الجراثيم الزيجية zoospores لبعض أنواع الفطريات المائية مثل *Lagenidium* spp. قادرة على الحركة بواسطة الأهداب flagellae، وتكون قادرة أيضاً على تتبع المنبهات الكيميائية chemical cues من عوائلها وتتوجه إليها بنشاط. على العكس من ذلك فإن جراثيم معظم الفطريات الأرضية تفقد القدرة على الحركة وتتلامس مع عوائلها بالصدفة البحتة عن طريق حركة الرياح أو أى قوى أخرى.

يعقب التلامس مع العائل، الخطوة الأولى فى العدوى بالفطر وهى الإلتصاق adhesive وإنبات الجراثيم germination على جلد العائل. تسهم الخصائص الفسيولوجية والكيميائية لجلد العائل فى التخصص النوعى للممرضات الفطرية من خلال تأثيرها على نجاح التصاق وإنبات الجراثيم. تتأثر درجة إلتصاق جراثيم الفطر بوجود مواد مخاطية وتركيبات فسيولوجية مثل

عضو الالتصاق (appressoria). ينتهى إختراق جلد العائل بدخول ميكانيكى للهيفا (أنبوبة الإنبات).

يتضمن إختراق جلد العائل ضغط طبيعى من الهيفا المخترقة وتحلل لمكونات جدار الجسم بواسطة إنزيمات محللة للبروتين وغيرها من الإنزيمات. يعمل الجدار الصلب كعازل كبير لإختراق الفطر على عكس جدار الجسم الحديث الذى يتبع الإنسلاخ ولهذا السبب تكون الحشرة أكثر قابلية للغزو الفطرى بعد الإنسلاخ. يمكن أن ترجع الإختلافات فى إحداث الإصابة بالسلالات الفطرية إلى التفاوت فى مستويات الإنزيمات المحللة للكيتين (chitin). تظهر العذارى المتقدمة في العمر من حشرات حرشفيات الأجنحة مقاومة للإصابة بالفطر *Beauvaria* والفطر *Aspirgillus*، ويمكن أن يرجع السبب في ذلك إلى طبقة الكيوتيكل السطحية الشمعية المشبعة بالأحماض الدهنية caprylic acids، caprolic التي تعمل كعناصر مضادة للفطر. لوحظ الغزو الفطرى من خلال القناة الهضمية (تجويف الفم، البلعوم، القناة الهضمية) فى بعض الحالات.

بعض أنواع الفطريات مثل فطريات تحت قسم Deuteromycotina بمجرد دخولها تجويف الدم تتكاثر بسرعة وبصفة عامة تقتل العائل. يحدث النمو الفطرى من خلال تراكيب متنوعة تتضمن أجسام الهيفات خميرية الشكل yeast-like hyphal bodies أو خيوط الهيفات hyphal strands أو البروتوبلاست عديمة الجدر wall- less protoplasts. تساعد البروتوبلاست الفطر فى التغلب على دفاع العائل إذ لا يمكن التعرف عليها بواسطة الجهاز الدفاعى له. تنمو تلك الخلايا خميرية الشكل سريعاً وتنتج توكسينات تساعد فى الإقلال من ردود الفعل المناعية للعائل. بعد موت العائل، تكون النموات الأخرى للفطر رمية وتؤدى هذه النموات إلى نمو الميسليم mycelium الذى يشكل الأجسام الحجرية sclerotia (تركيب قوى للإستقرار a durable resting structure) منه تنتج الجراثيم الجنسية فيما بعد). بالإضافة إلى هذا، فى عديد من المجاميع تخرج هيفات غير جنسية من الجيفة Cadaver، وتحت ظروف الرطوبة المناسبة تنتج جراثيم غير جنسية. تنتشر هذه الجراثيم وتكون غالباً ذات أهمية فى الإنتشار الأفقى لعوائل جديدة مؤدياً بذلك إلى حدوث الوباء بين جمهور الآفة. يمكن أن يحدث إنتشار مثل تلك الجراثيم فى بعض الحالات من خلال حركة الحشرات لكن غالباً تتم عن طريق الرياح أو المياه.

من أهم الخصائص المميزة للعدوى الفطرية هى وجود الميسليم داخل أو خارج الحشرة المصابة. فى الأطوار الأولى من الإصابة تظهر الحشرة حالات الضعف العام مثل التوقف عن التغذية، الهزال وعدم التركيز فى التوجه orientation. غالباً ما يتغير اللون وغالباً ما يظهر

الكيوتيكل بقعاً سوداء هى أماكن اختراق الهيفات. ثم يصبح الفرد المتطفل عليه هاجعاً moribund، ثم بعد الموت مباشرة يملأ أو يغطى بالهيفات المتجرثمة. يمكن أن تعطى كثير من صفات العدوى دلائل على تعريف الفطر. فالحشرة التى تغطى بجراثيم بيضاء مسحوقية powdery يتوقع إنها مصابة بفطر *Beauvaria bassiana*، وتلك المغطاة بجراثيم خضراء تكون الإصابة بفطر الميتاريزيم *Metarrhizium anisopliae*، والمغطاة بجراثيم مخضرة من المحتمل إصابتها بفطر *Aspirgillus flavus*، والمغطاة بجراثيم مصفرة تكون مصابة بالفطر *Paecilomyces farinosis*. قد لا تظهر سلالات معينة من الأنواع الفطرية السابقة هذه الألوان المميزة. بالإضافة إلى اللون فإن وضع الحشرة أثناء الموت يمكن أن يكون مميزاً (فيما لو أن العائل ملتصقاً fixed بالسطح كما فى حالة الذباب والجراد المصاب بفطر *Entomophthora* أو مسترخياً relaxed على الأرض). يمكن أن يكون أيضاً قوام الحشرة المصابة من العلامات المميزة (فيما لو كان متصلباً أو مفرغاً hollow أو متجبناً cheese- like).

تقع درجة الحرارة المثلى المحببة للعدوى الفطرية بين ٢٠-٣٠°م. وغالباً ما تكون درجة الرطوبة العالية (٩٠%) مطلوبة لإنبات الجراثيم وإنتاج الجراثيم خارج العائل. يكون تواجد طبقة رقيقة من الماء الحر ضرورية لإنبات الكونيديات لبعض الأنواع التابعة لتحت قسم Deuteromycotina، لكنها غير محببة لمعظم الأنواع التابعة لمجموعة Entomophthorales. درجات الرطوبة الأقل، والظلام والإهتزاز vibration قد تكون ضرورية لتحرر الجراثيم فى بعض المجاميع مثل الفطر من أجناس *Metarrhizium* , *Beauveria*.

كما هو الحال فى عديد من الممرضات، تتركز المجهودات التى تبذل لإنتاج الفطريات الممرضة فى إنتاج الجراثيم من مختلف الأنماط. تحت ظروف معينة، تنتج الجراثيم الكونيدية (أو غيرها من الأنماط) بأعداد كبيرة، فتسهل من إنتشار العدوى أفقياً فى وقت قصير مؤدية غالباً إلى حدوث الوباء. تحت الظروف الأقل مناسبة ينتج جراثيم مستقرة ذات جدار أسمك تكون أكثر مقاومة للظروف البيئية المعاكسة. تساعد هذه الجراثيم المرض على البقاء لفترات طويلة تحت الظروف غير المناسبة، أو عندما تكون العوائل المناسبة غير متاحة.

تؤثر بيولوجيا الفطريات بشدة أيضاً على الدرجة التى عندها يمكن إستعمال أى مجموعة منها فى مكافحة الآفة من خلال الإكثار (معتمداً على الإنتاج التجارى للوحدات الممرضة). بعض الفطريات يمكن أن تنمو وتتجرثم على بيئات غير حية. بعض المجاميع الأخرى مثل عديد من الأنواع التابعة لمجموعة Entamophthorales تحتاج لعوائل حية لتكمل دورة حياتها ولذلك تكون غير مناسبة للإنتاج التجارى.

تقع معظم الفطريات التى تهاجم الحشرات فى عائلة Entomophthoraceae داخل تحت قسم الفطريات الزيجية Zygomycotina أو تحت قسم الفطريات الناقصة Deuteromycotina (الأنواع المعروفة منها من الصور الخضريةasexual forms). تحدث الوبائيات الفطرية على فترات ويمكن أن تسبب نسبة عالية من موت تعدادات مفصليات الأرجل المصابة. أستورد الفطر *Zoophthora radicans* من إسرائيل إلى استراليا لمساعد فى خفض تعدادات المن *Therioaphis trifolii*. حتى الآن فإن المبيدات الفطرية ما زالت محدودة بدرجة كبيرة بسبب ضيق تخصصها العائلى ومتطلباتها من الرطوبة العالية للإنبات والتجرثم. تظهر فاعلية المبيدات الفطرية على أحسن ما يكون فى البيئات ذات الرطوبة النسبية العالية، أو فى المواقع الرطبة كالتربة. على كل فهناك طرائق جديدة كإستعمال الزيوت النباتية بدلاً من المياه فى رش محاليلها لتحسين الظروف التى يمكن أن تعمل فيها الفطريات بنجاح.

تتميز مسببات الأمراض الفطرية، عن غيرها من مسببات الأمراض بالآتى:

*- تعدد أنواعها والعوائل التى تصيبها.

*- قدرتها على تكوين جراثيم تقاوم الظروف غير المناسبة.

*- على عكس غيرها من الممرضات، فإن جراثيمها تنتشر على مدى واسع فى الهواء.

*- تدخل إلى العائل عن طريق جدار الجسم فهى تهاجم أطوار الحشرة ومجاميع الحشرات التى عادة لا تصاب بالممرضات الأخرى. على سبيل المثال فهى تخترق البيضة، والعذارى، وكوامل الحشرات، والأطوار التى عادة ما تهرب من الإختراق بواسطة الممرضات الأخرى، كما أنها تصيب الحشرات الماصة للعصارة التى تحميها عاداتها الغذائية من مهاجمة الممرضات الأخرى مثل المن والبق الدقيقى والحشرات القشرية.

مدى الأمان عند تناول الممرضات الفطرية:

سجل أن جراثيم فطر *Beauvaria bassiana* سببت حساسية جلد أكثر منها حساسية للجهاز التنفسي في الولايات المتحدة، كما سببت حساسية أنف في الصين.

الممرضات البروتوزوية (الأولية) Protozoan pathogens

البرتوزوا كائنات دقيقة وحيدة الخلية تتواجد فى معظم البيئات ما عدا، ربما الهواء. تتفاوت كثيراً فى شكلها ولونها وصفاتها المورفولوجية. يتواجد بها التكاثر الجنسى واللاجنسى. يرتبط

عدد منها بالحشرات ويتراوح هذا الارتباط من إرتباط للإنتقال phoresy إلى تطفل إجبارى وغالباً مع إضعاف العائل أو إماتته كنتيجة نهائية.

بعض أنواع البرتوزوا المعاشرة المتواجدة فى القنوات الهضمية للحشرات (مثل النمل الأبيض وصراصير الخشب wood cockroaches) تكون هامة لحياة هذه الحشرات، والبعض الآخر، والذى يظهر أنه لا يؤذى الحشرات الحاملة له، تسبب أمراضاً خطيرة للإنسان والحيوانات الأليفة.

يمكن أن تصيب أيضاً بعض المجاميع من البروتوزوا الممرضة للحشرات غيرها من اللافقاريات وحتى الفقاريات أيضاً، ولهذا السبب علت صيحة الحذر عند إستعمال البعض منها كعناصر للمكافحة البيولوجية. لكن يظهر أن البعض الآخر يكون أكثر تخصصاً وقد أستعمل فعلاً كعناصر للمكافحة البيولوجية فى عديد من الحالات. أختبرت أنواع من البروتوزوا *Nosema* كعناصر بيولوجية فاعلة ضد الجراد وآفات الذرة. قد يحدث أحياناً، أن الممرضات البروتوزوية يمكن أن تهاجم الطفيليات التى تتواجد فى الموطن الأصلى للآفة. فعلى سبيل المثال تصيب البروتوزوا *Matessia grandis*، علاوة على إصابتها لسوسة اللوز عائلها *Anthonomus grandis*، تصيب أيضاً الطفيل البراكونيدى لها. أيضاً وجد أن البروتوزوا *Nosema* التى عادة ما تصيب حشرة أبى دقيق الكرنب *Pieris brassicae* تهاجم أيضاً النيماتودا من عائلة Neoaplectanidae التى تتطفل على العوائل من حرشفيات الأجنحة.

تبدأ العدوى بالبروتوزوا عادة عندما تبتلع الأطوار المعدية وتدخل إلى القناة الهضمية للعائل. يكون بعض الأنماط القليلة مثل الهديبات Ciliates فى جنس *Lambornella* قادراً على الإلتصاق بجدار الجسم وإختراقه. وغالباً ما يكون الطور المعدى جرثومة أو حوصلة cyst، لكن يمكن أن تكون طور حى نشط. ويعتبر الإفتراس الذاتى من الوسائل الهامة لإنتشار المرض عرضياً horozontal transmission تماماً كإلتهام فرائس مريضة لأنواع أخرى (كما، على سبيل المثال، في إصابات الأوليات السوطية flagellata infection). تستقر معظم الأوليات المصاحبة للحشرات فى القناة الهضمية وتسبب بعض المجاميع مثل الهدبيات Ciliates، السوطيات Flagellates ومجموعة الجريجارين Gregarines أعراض مرضية طفيفة. تغزو بعض المجاميع الأخرى مثل الميكروسبوريديا *Microsporidia*، والـ apicomplexans تجويف الدم حيث تصبح عناصر ممرضة. تعتبر البروتوزوا *Microsporidia* هى أكثر مجموعات الممرضات البروتوزوية أهمية والتى تؤثر على الحشرات ويحدث وبائيات فيها فى الطبيعة، وكلها طفيليات إجبارية

وتتضاعف فقط فى الخلايا الحية. تختلف الأنسجة التى تصاب بالممرضات البروتوزوية، لكن يمكن أن تشمل الخلايا الطلائية للقناة الهضمية، وأنابيب ملبيجى أو الجسم الدهنى مع أنسجة أخرى.

بالإضافة إلى الدخول إلى العائل من خلال الإغتذاء، يمكن للبروتوزوا Microsporidia أن تدخل العوائل على آلة وضع بيض الطفيليات غشائية الأجنحة. تقلل العدوى بهذه البروتوزوا من كفاءة تربية الحشرات للبحث العلمى أو الإنتاج الكمى للحشرة النافعة لإكثارها وإطلاقها. يمكن أن يحدث انتقال العدوى من الأم حاملة الميكروب لذريتها من خلال المبيض (النقل المبيضى) Tronsovairal فى مجموعات كبيرة من البروتوزوا، وبصفة خاصة البروتوزا Microsporidia.

تكون معظم العدوى بالبروتوزوا مزمنة chronic، وتتواجد لفترات طويلة لكن لا تقتل عوائلها. غالباً ما تظهر العوائل المصابة علامات ظاهرة طفيفة أو قد لا تظهر أى علامات أو شواهد للإصابة. لم تكتشف توكسينات في الممرضات البروتوزوية. تتشابه معظم الأعراض مع غيرها من الممرضات وتتضمن صغر الحجم، وتشوهات مورفولوجية، وخمول، وصعوبة فى الإنسلاخ، وفقد شهيه ونقص الوزن و إفراز براز أبيض اللون. غالباً ما تظهر العوائل ذات جدار الجسم الشفاف مساحات منتفخة أو بيضاء غامقة على سطحها، بينما البعض الآخر يتواجد بها بقع سوداء على الجلد. فى حالات عديدة يكون الموت أو التدهور هو أولى دلائل الإصابة بالبروتوزوا، ولكن يجب التأكد من ذلك بالفحص الميكروسكوبى.

الممرضات الريكتسية Richettsial pathogens

الريكتسيا المرتبطة بالحشرات إما أن تكون داخل الخلايا intracellular، أو سطحية على الخلية epicellular (تعيش على سطح الخلايا)، أو خارج الخلايا extracellular. يكون لها علاقات إما تبادلية mutualistic أو ممرضة pathogenic أو للإنتقال phoretic مع العوائل. فعلى سبيل المثال تنمو الريكتسيا *Rochalimaea quintana* المسببه لمرض الحمى trend fever فى الإنسان خارج الخلايا فى فراغ القناة الهضمية لقمل الإنسان *Pediculus humanus*. على الجانب الآخر، تكون الريكتسيا *Rickettsia prowazekil* المسبب المرضى لحمى التيفوس فى الإنسان ممرضة لحاملها قمل الإنسان *P. humanus*. تتواجد الريكتسيا *Symbiotes lectularis* التى تعتبر ضرورية لنمو وتناسل العائل فى ميسوتوم الصراصير. تكون الريكتسيا التابعة لجنس *Rickettsiella* ممرضة لعوائلها من الحشرات.

تتفاوت عوائل الريكتسيا من التريماتودات Trematodes إلى الإنسان، وبسبب اتساع مداها العائلي، يعتبر البعض كل الريكيتسا خطيرة بدرجة كبيرة للإنسان ويجب أن يتعامل معها بكل حذر. ما زال عدد الحشرات العائلة وحاملات vectors الريكتسيا قليلة إلى الآن، لكن معظم الحشرات تحمل هذه الكائنات فى مكان ما فى أجسامها.

تكون الأطوار المعدية للريكتسيا تراكيب دقيقة جداً تصل فى حجمها إلى حجم الكبسولات المغلفة للفيروس الحبيبى (٢، - ٦، ملليميكرون). معظم الريكتسيا شكلها عصوى rod-shaped أو كروي coccoid أو متعدد الشكل polymorphic. وتكون محاطة بجدار خلية نموذجي يحتوى على حمض muramic acid. لا تمتلك سوط flagella وتكون سالبة لصبغة جرام (بإستثناء واحد). تحتوى على ال RNA, DNA معاً وتمتلك نظام إنزيمى يمكن تثبيطه بالمضادات الحيوية والمركبات الكيماوية الدوائية. بإستثناء الأنواع القليلة التى تتضاعف خارج الخلية أو على سطحها، فإن الريكتسيا تتضاعف داخل خلايا عوائلها.

ينقسم صف الريكتسيا Rickettsias إلى رتبتين هما رتبة Rickettettsiales، Chlamydiales. تكون أفراد الرتبة الأولى هى المرتبطة بالحشرات.

تغزو الأطوار المعدية الممرضة للحشرات من الريكتسيا خلية العائل وتنمو إلى أطوار خضرية إنقسامية. هذا الانقسام يمكن أن يكون بانشطار ثنائى بسيط simple binary fission أو من خلال إنتاج خلايا ثانوية تنتج خلايا أصغر تنمو إلى الأطوار المعدية ذات الجدر السميكة.

يتواجد أنماط مورفولوجية عديدة من الخلايا أثناء نمو الريكتسيا. فهناك الصغيرة والأطوار المعدية الأنبوبية tuhular والخلايا الأكبر والأطوار الخضرية العصوية rod-shaped والخلايا المستديرة spherical. وغالباً ما يتواجد النوعين الآخيرين فى الفجوات vacules أو الحويصلات vesicles التى عادة ما تأوى الأجسام المغلفة شبه البللورية Crystal- like inclusion bodies.

تبدأ عدوى البراغيث أو القمل بالريكتسيا *Rickettsia prowazekii* و *R. typhi* عندما تتغذى الحشرة على عائل مصاب من الفقاريات. وفى الحشرة، تتضاعف الريكتسيا فى سيتوبلازم الخلايا الطلائية للقناة الهضمية. وتُطرد dischaged الخلايا المصابة بشدة مع براز الحشرة وبذا تعتبر مصدر من مصادر إصابة الفقاريات.

تبتلع الريكتسيا *Rochalimaea quintana* عادة بواسطة القمل كناقل للريكتسيا vector أثناء التغذية على إنسان مصاب. تنمو الريكتسيا على السطح الخارجى للخلايا الطلائية للقناة الهضمية

ويصبح براز القمل ملوثاً بشدة بخلايا الريكتسيا ويكون مصدراً لعدوى الإنسان عندما يتناثر على الجلد.

تكون أنواع جنس *Wolbachia* المرتبطة بالحشرات إما خارج الخلية أو داخلها، لكن لا تنمو داخل الميسوتوم ونادراً ما تكون ممرضة لعوائلها. يمكن أن تهلك الريكتسيا *W. pipientis* خلايا الغدد التناسلية للبعوضة *Culex pipiens*، وأيضاً الخلايا الطلائية للقنوات الهضمية في حشرات أخرى. طريقة العدوى غير معروفة لكن من المتوقع حدوثها بالنقل المبيضي Transovarial في البعوضة *C. pipiens*، والإغتذاء على غذاء ملوث في الحشرات الأخرى.

في المعاشرات الإجبارية الخلوية للأنواع التابعة لجنسي *Symbiotes*، *Blattabacterium* تنتقل الريكتسيا عبر مبايض العائل إلى الجنين. تتواجد أنواع جنس *Symbiotes* في ميسوتوم بق الفراش (*Cimex* sp.)، بينما في جنس *Blattabacterium* تتواجد في الميسوتومات في الجسم الدهني في البطن، والأنسجة الجنسية Germ tissues، ومبايض الصراصير.

في حالة الريكتسيا *Rickettsiella popilliae* فإن طريقة العدوى تكون عن طريق الفم أو من الممكن خلال الجروح. يمكن أن تصاب يرقات الخنفساء اليابانية بالتغذية أو بتواجدها في تربة ملوثة بالريكتسيا أو عن طريق الحقن injection وهو أسرع وسيلة للعدوى. وبمجرد دخول الكائن الحي إلى تجويف الدم، تنتشر العدوى من الجسم الدهني إلى الدم وغيره من الأعضاء.

صفات الحشرات المصابة بالريكتسيا:

لا يظهر القمل المصاب بريكتسيا *Rickettsia prowazekii* أو *R. typhi* أي مظاهر مبدأية initial symptoms، لكن مع تقدم العدوى يتلف تماماً جدار القناة الهضمية، ويتحول القمل إلى اللون المحمر قبل ساعات قليلة من الموت نتيجة لدخول دم الإنسان المبتلع إلى داخل تجويف الدم. تصبح البراغيث المصابة بالريكتسيا *R. typhi* كسولة sluggish وتموت لكن لا تتحول إلى اللون الأحمر.

لا يحدث مظاهر خاصة في الحشرات المصابة بالريكتسيا *Wolbachia pipientis* حيث أن تأثير هذا الكائن يكون طفيفاً جداً.

من أكثر الأعراض وضوحاً في يرقات الحشرات المصابة بالريكتسيا *Rickettisella popilliae* هو التلوين المزرق في خلايا الجسم الدهني، وهذا ما يطلق عليه المرض الأزرق blue diseases.

تظهر يرقات الجعال .*Melolontha* spp المصابة تغيراً فى سلوكها، وبينما تتسبب درجات الحرارة المنخفضة إلى هروب اليرقات السليمة إلى عمق أكبر فى التربة، فإن اليرقات المصابة تصعد إلى السطح.

فى بعض الحشرات قد يصاحب الإصابة بالريكتسيا وجود أجسام بلورية محددة distinct crystalline bodies ليس من المعلوم مهمة تواجدها.

الممرضات النيماتودية Entomopathogenic nematodes

تقع الديدان الثعبانية التى تتخذ من الحشرات عائلاً أولياً لها، فى صفين رئيسين هما صف النيماتودا Nematoda، وصف النيماتومورفا Nematomorpha. هناك صف ثالث هو صف الأكنثوسيفالا Acanthocephala تتبعه بعض الديدان الثعبانية التى تمضى طورها اليرقى فى الحشرة العائل، بينما الطور الكامل تمضيه فى الثدييات. يحتوى صف النيماتودا على تسع عائلات تصيب ستة عشر رتبة من مفصليات الأرجل، ولها فاعليتها كعناصر للمكافحة البيولوجية وتتضمن أنواعاً تعمل كعوائل للنيماتودا. تشكل حشرات حرشفية الأجنحة ثلث هذه الأنواع المعروفة ويرجع هذا إلى العمل المكثف الذى قام به شولتز Schultz عام ١٩٠٠ على هذه المجموعة من الحشرات. تحتل حشرات غمدية الأجنحة المرتبة الثانية بعد حشرات حرشفيات الأجنحة إذ تشتمل هذه الرتبة أيضا على عدد كبير من العوائل، ثم يلى ذلك حشرات مستقيمة الأجنحة القافزة Orthoptera، وذات الجناحين، وغشائية الأجنحة وغيرها من الرتب.

تتشابة كل الديدان الثعبانية فى مظهرها الخارجى العام، فهى ذات أجسام متطاولة عادة اسطوانية الشكل. يغطى الجسم بكيوتيكل مطاط غير خلوى وغير منقسم. وعلى العكس من البكتيريا والفيروس والبروتوزوا. فالنيماتودا حيوانات عديدة الخلايا تمتلك جهاز إخراج نامى وأجهزة عصبية وهضمية وعضلية وتناسلية. ليس لها جهاز دورى أو تنفسى. تتكون القناة الهضمية من الفم وتجويف الفم والأمعاء الدقيقة والغليظة والمستقيم وفتحة الشرج. يعتمد تقسيم النيماتودا بدرجة كبيرة على الصفات الجنسية لكواملها، وبالتالى فإن الأطوار غير الكاملة يكون من الصعب بل من المستحيل تعريفها.

والنيماتودا كائنات منتشرة فى كل البيئات تقريباً. يمكن أن تكون النيماتودا حرة المعيشة أو متطفلة على النباتات أو الحيوانات. وتتباين علاقة النيماتودا بالحشرات من المعاشرة للإنتقال phoresy إلى التطفل Parasitoidism. بعض النيماتودا مثل النوع *Beddingia siricidicola* لها دورات حياة معقدة إذ يمكنها أن تحيا فى دورات من المعيشة المتطفلة والحرة كما سيأتى بعد.

والعديد من النيماتودا لها دورات حياة بسيطة نسبياً بثلاث أطوار هى طور البيضة، وطور اليرقة (الحداثة) Juvenile، والطور اليافع. تضع إناث النيماتودا بيضها فى البيئة. وعادة ما ينسلخ العمر اليرقى الأول داخل البيضة ويخرج كعمر يرقى ثان. معظم النيماتودا تنسلخ ٤ مرات. فى عديد من المجاميع، يبقى العمر اليرقى الثالث مغلفاً enhanced داخل كيوكيتل العمر اليرقى الثانى مما يهئ له درجة عالية من المقاومة للظروف البيئية المعاكسة. يطلق على هذا العمر الثالث dauer juvenile، وكلمة dauer كلمة ألمانية تناظر كلمة durability. تحدث هذه الظاهرة ensheathment عندما لا يتوافر الغذاء أو تكون الظروف الجوية غير مناسبة للنمو. تقف اليرقة عن التغذية وتفرغ محتويات القناة الهضمية وتكون كيوتيكيل جديد ويصبح الجلد القديم سائباً لكى تبقى اليرقة داخل هذا الجلد. يمكن أن يحدث الانسلاخ إلى الطور اليافع إما داخل العائل أو حراً فى البيئة. تكون كل أطوار النيماتودا بإستثناء البيضة أطواراً متحركة. معظم النيماتودا لها أفراد ذكور وأفراد إناث والتزاوج مطلوب فيها إذ تضع الأنثى بيضاً مخصباً بعد تلقيحها.

عادة ما تحدث العدوى بالنيماتودا فى تجويف الدم، لكن فى بعض المجاميع مثل عائلتى Phaenopsitylenchidae (مثل *Beddingia*) و Lotonchiidae (مثل *Paraiolonchium*) يمكن أن تغزو النيماتودا الأعضاء الجنسية. يمكن أن تؤثر العدوى بالنيماتودا بشدة على العائل مسببة ضعف أو عقم castration أو موت. معظم النيماتودا المتطفلة الإجبارية متخصصة نسبياً وترتبط بواحد أو بمجموعة صغيرة من العوائل، وعلى العكس من ذلك فإن بعض المجاميع مثل heterorhabditids, steinernematids لها مدى عوائلي واسع تحت الظروف المعملية، لكن مثل هذا المدى العوائلى تحت الظروف المعملية لاشك أنه أوسع من المدى العوائلى الواقعى فى الطبيعة بسبب غياب العوامل الإيكولوجية فى مثل هذه الإختبارات التى تحد من تلامسات العائل مع الأنواع المتواجدة فى بيئة معينة. هناك بعض الأنواع من النيماتودا التى تكون متخصصة بما فيه الكفاية للإستعمال كعناصر مستوردة ضد الآفات الدخيلة. من أمثلة ذلك النيماتودا *Beddingia stricidicola* التى أستوردت إلى استراليا وكافحت بنجاح دبور الخشب الأوربى *Sirex noctilio*، والنيماتودا *Steinernema scapterisci* التى أستوردت إلى فلوريدا لمكافحة صراصير الغيط الدخيلة.

وفى النيماتودا، على العكس من معظم الممرضات الأخرى، يكون العثور على العائل عملية نشطة، فيها تتحرك النيماتودا تجاه العائل وتتعرف عليه مستخدمة منبهات معينة مثل ثانى أكسيد

الكربون أو مكونات براز العائل. تتفاوت إستراتيجية النيماتودا فى البحث عن العائل، فالبعض يكمن فى إنتظار العائل والبعض يتحرك باحثاً عنه.

يمكن أن يكون الدخول إلى العائل عملية موجبة passive process كما يحدث عند إلتهام بيض أو يرقات النيماتودا Tetradonematidae بواسطة يرقة العائل. لكن فى معظم الحالات يكون إختراق العائل عملية نشطة فيها تخترق يرقة النيماتودا العائل من خلال جدار جسمه أو فتحاته الطبيعية (الفم وفتحة الشرج والثغور التنفسية). فى حالة الفتحات الطبيعية، يكون على النيماتودا أن تبحث عن المدخل لتتحرك من خلال فتحته متجنبة تصرفات العائل فى محاولة إزاحتها (فى حالة الفم). بمجرد وجودها فى القناة الهضمية، تستعمل النيماتودا أجهزة devices ميكانيكية، كالأقلام الرمحية stylets لتثقب جدار القناة الهضمية وتدخل إلي تجويف الدم، وهو موضع العدوى بالنيماتودا. فى بعض المجاميع من النيماتودا يمكن أن تستعمل الأرماح stylets خارجياً لثقب جدار الجسم للإختراق مباشرة إلى تجويف الدم. فى بعض المجاميع الأخرى من النيماتودا مثل Sphaerulariidae تستخدم النيماتودا مواد لاصقة تلصق النيماتودا بجدار جسم العائل لتساعد فى ثقب جدار الجسم بواسطة الأرماح.

تسبب العدوى النيماتودية علامات خارجية signs قليلة نسبياً، اللهم إلا فى بعض الحالات يحدث تمدد للبطن مع تغيرات فى اللون. وعادة ما تكون الحشرات المصابة ذات شهية ضعيفة وأقل نشاطا من الحشرات السليمة. وفى حالة الإصابة بأنواع النيماتودا من جنس *Neoaplectana*، على سبيل المثال، تتميز يرقات الحشرات المصابة باللون الصدئى rusty أو اللون البنى وفى البداية يكون التلوين موضعياً spotty فى توزيعه ثم يسود قبل الموت وبعده. أما اليرقات التى تأخذ اللون الأسود الشبيه باللون الأسود الناتج عن الإصابة البكتيرية فعادة لا يكون متطفلاً عليها بالديدان الثعبانية.

أما التأثيرات الداخلية فربما تكون عميقة profound. تحدث مجموعات كثيرة من النيماتودا عقماً بما فى ذلك نيماتودا عائلات Lotonchiidae, Phaenopsitylenchidae, Mermethidae. وفى بعض الحالات قد يتوقف الإنسلاخ، كما تكون سلوكيات الأفراد المصابة غير طبيعية. وقد تجد الأفراد المصابة صعوبة فى السير بطريقة عادية.

وتختلف نيماتودا عائلة Mermethidae عن غيرها من العائلات بسبب أنها تترك عوائلها قبل الوصول إلى الطور الكامل. تخرج اليرقات المتطفلة من العوائل ثم تنسلخ إلى أفراد كاملة تتزاوج وتتناسل كأفراد حرة.

تقتل نيماتودا عائلتى Heterorhabditidae, Steinernematidae، وهى المجموعات الأكثر إستعمالاً وبكثافة فى الإستعمال الكمى فى المكافحة البيولوجية، عوائلها فى خلال ٢-٣ يوم وهى مدة أقصر بكثير عن المجموعات الأخرى من النيماتودا. وهذا يحدث بسبب أن هاتين العائلتين من النيماتودا يعاشرها فى الأمعاء، فى علاقة تبادلية mutualistic بكتيريا سالبة لصبغة جرام من جنسى *Phoorhabdis* و *Xenorhabdus* على الترتيب تقتل عوائلها بالتسمم البكتيرى septicemia. تصل يرقات النيماتودا إلى تجويف الدم بثقب جدار القناة الهضمية الوسطية بعد إبتلاعها بواسطة العائل أو بثقب جدار جسم العائل. وعندما تنطلق البكتيريا فى تجويف جسم العائل مع تبرز يرقات النيماتودا تتضاعف داخل العائل وتسبب له تسمماً دموياً ويحدث الموت خلال يوم واحد على الأكثر من بداية العدوى.

بعد الموت تتغذى يرقات النيماتودا رمياً على أنسجة العائل الميت إلى أن تصل إلى طور البلوغ فتتناسل. ومع وجود جيل ثان من اليرقات المقاومة (يرقات العمر الثالث المغلفة)، فإنها تترك العائل. هذه البكتيريا لا تقتل الحشرة فحسب بل تستخدم كغذاء للنيماتودا علاوة على أنها تنتج مضاداً حيوياً Antibiotic يمنع جثة الحشرة من التحلل بسرعة حتى تتمكن النيماتودا من أن تكمل نموها. تعمل هذه النيماتودا بطريقة أفضل فى البيئات الرطبة مثل التربة، كما أن لها القدرة على النمو على البيئات الصناعية وهى آمنة للبيئة ولها مدى عوائلى واسع.

ترتبط معظم النجاحات التى تحققت بإستخدام النيماتودا الممرضة للحشرات فى برامج المكافحة البيولوجية بالآفات ساكنة التربة مثل يرقات الجعاليات والخنافس الأرضية علاوة على بعض الآفات الحشرية التى تصيب المجموع الخضرى من ناخرات الأوراق وحرشفيات الأجنحة. ويعتبر توفر فيلم رقيق من الماء على سطح المجموع الخضرى للنباتات المعاملة بالنيماتودا الممرضة للحشرات من الأمور الهامة والضرورية لحركة تلك النيماتودا عند بحثها عن عوائلها، وعلى ذلك فإن إضافة بعض المواد لمحلول الرش لتحقيق هذا الغرض مثل الزيوت المعدنية أو الجلسرين أو المواد اللاصقة غير الساسة هامة وضرورية لخفض التوتر السطحى لسائل الرش وزيادة درجة إلتصاق محلول الرش بالنباتات المعاملة وبالتالى سهولة حركة النيماتودا الباحثة عن عائلها. على سبيل المثال، أدت إضافة الزيوت المعدنية ومادة ترايتون triton x 100 لمحلول الرش إلى زيادة نسبة التطفل بالنيماتودا *Stienernema feltiae* المتطفلة على الذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* من أقل من ٥٠% إلى أكثر من ٩٠% عند إستعمال هاتين المادتين.

تتضمن النيماتودا من عائلتى Phaenopsitylenchidae، Lotochiidae كل من الطفيليات الإجبارية والإختيارية. يكون للنوع *Beddingia* stricidicola التابع للعائلة Phaenopsitylenchidae دورتى حياة، إحداها يحيا فيها حياة حرة والثانية حياة طفيلية. فى الحياة الحرة، يتغذى على فطر يحيا مع العائل الحشرى فى معاشرة تبادلية mutualistic. ينشر هذا الفطر بواسطة العائل الحشرى (نوع من دبابير الخشب) وينمو فى منطقة الكمبيوم من العائل النباتى الذى يهاجم بواسطة الدبور. فى دورة الحياة الحرة تتغذى اليرقات على الفطر إلى أن تصل إلى طور البلوغ فتتزاوج وتضع بيضاً. فى دورة الحياة الطفيلية، تثقب أنثى النيماتودا جدار جسم يرقات دبور الخشب التى تتغذى نفسها على الفطر وبعد تعذير العائل الحشرى تنمو النيماتودا فى التجويف الدموى وتنتج نسلاً يغزو البيض النامى لدبور الخشب. وعندما يضع دبور الخشب بيضاً فإنه يضع بيضاً مُعْدى بالنيماتودا بدلاً من وضع بيض سليم. يقتل البيض بواسطة النيماتودا التى تخرج وتستمر فى نموها إما من خلال الإعتماد على الفطر لإكمال دورة حياتها أو بالإعتماد على الحشرة لإكمال الدورة وفقاً لوجود أو غياب العائل الحشرى فى الموقع. وبنفس النمط تكون النيماتودا *Paraiotonchium autumnale* (عائلة Lotonchiidae) التى تتطفل على الذباب *Musca autumnalis* والتى تغزو مبايض العائل.

تعيش بعض أنواع من النيماتودا كمفترسات على النيماتودا التى تصيب النباتات وهذه تتضمن أنواع من أجناس *Dorylaimus* , *Aphelenchoides* , *Monochus* , *Actinolaimus* , *Discolaimus* و *Diplogaster*، وتزود أفراد النيماتودا من الجنسين Monochus, Diplogaster بأسنان قاطعة أو قابضة أو بكليهما. يتواجد النوع *M. brachyuris* فى الأراضى الرطبة وتلك التى تعامل بالأسمدة العضوية، وتفترس أفراد هذا النوع النيماتودا المهلكة لقصب السكر *Heterodera radicicola*. أما أفراد بقية الأجناس فتزود بأسنان مجوفة أو أقلام رمحية stylets تغرز فى جسم فرائسها ومن خلالها يمتص سوائل جسمه. تحقن الإفرازات اللعابية فى جسم العائل والتى تعمل غالباً على التوقف السريع لأى مقاومة من جهة العائل وبذا يمكن أن تقهر أفراد الفرائس من النيماتودا الأكبر حجماً من النيماتودا المفترسة. عندما يتقابل فرد مفترس من جنس Dorylaimus مع الفريسة فإنه يوجه رأسه بزاوية قائمة مع الفريسة ثم يبرز أقلامه الرمحية فجأة لتخترق جسم العائل. تغرز هذه الأقلام الرمحية بعمق وتبقى إلى أن تنتهى التغذية مع حقن الإفرازات اللعابية من وقت إلى آخر.

مدى الأمان عند تناول النيماتودا الممرضة للحشرات

١- أكتشف إصابة الإنسان وبعض الحيوانات ذات الدم الحار بأنواع من النيماتودا من عائلة Mermethidae، والحاجة ملحة لمعرفة مدى تأثيرها وبقائها داخل هذه الكائنات.

٢- تنتقل النيماتودا إلى الفقاريات بواسطة مياة الشرب وتخرج من أجسامها مع البراز غالباً دون إحداث ضرر.

٣- ثبت إصابة نحل العسل بنيماتودا تتبع عائلة Mermethidae فى الإتحاد السوفيتى، وإصابة دودة الحرير بنيماتودا أخرى من مجموعة Rhabditoids فى اليابان، وأنواع من عائلة Mermethidae فى الصين وأدت إلى هلاك عديد من هذه الحشرات.

آكلات الحشائش وممرضاتها Weed-attacking herbivores and pathogens

آكلات الحشائش التى أطلقت عمداً لمكافحة الحشائش كانت أولاً من الحشرات بسبب درجة تخصصيها العالية ومعدلات تكاثرها السريع. معظم الإطلاقات كانت إما خنافس من غمدية الأجنحة أو فراشات وأبى دقيقات من حرشفيات الأجنحة. ومن العائلات التى تكرر إستخدامها كعناصر للمكافحة البيولوجية عائلات Chrysomelidae، Curculionidae، Gerambycidae، Pyralidae، Dactylopiidae، Tephritidae. بالإضافة إلى الحشرات أستخدم بعض الأكاروسات من عائلة Eriophyidae وحديثاً عائلة Tetranychidae.

وعلى العكس من الحشرات عالية التخصص، فقد أستعمل بعض أنواع من الأسماك كعاشبات عامة لمكافحة الحشائش فى مواطن معينة، غالباً صناعية مثل القنوات وتانكات المياه.

وحتى الآن فقد أستخدمت بعض الممرضات النباتية كعناصر المكافحة البيولوجية للحشائش. ومنذ عام سنة ١٩٧٠ تركز الإستعمال على كل من إستيراد ممرضات جديدة لمكافحة الحشائش الدخيلة، ومستحضرات formulation الممرضات لإستعمالها كمبيدات بيولوجية للحشائش. على سبيل المثال، أستورد الفطر *Puccinia chondrillina* سنة ١٩٧١ إلى استراليا من أوربا لمكافحة الحشيشة *Chondrilla juncea*. كذلك فإن الفطر المتوطن *Colletotrichum gloeosporioides* الذى يهاجم الحشيشة المتوطنة *Aeschynomene virginica* يباع تجارياً كمبيد بيولوجى للحشائش.